

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Физики высоких технологий
Направление подготовки: 12.04.02 «Оптотехника»
Кафедра Лазерной и световой техники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка методики контроля фитопотоков в теплицах

УДК 628.979:631.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4BM5A	Кулжанова Айнур Батырхановна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЛИСТ	Корепанов Владимир Иванович	Доктор физико– математических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Петухов Олег Николаевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент кафедры ЭБЖ	Задорожная Татьяна Анатольевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И.О. Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
лазерной и световой техники	Полисадова Елена Федоровна	к.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р1	Способность формулировать цели, задачи и составлять план научного исследования в области светотехники и фотонных технологий и материалов, способность строить физические и математические модели объектов исследования и выбирать алгоритм решения задачи
Р2	Способность разрабатывать программы экспериментальных исследований, применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы, защищать приоритет и новизну полученных результатов исследований в области обработки, изучения и анализа фотонных материалов, корпускулярно-фотонных технологий, оптоволоконной техники и технологии, в области оптических и световых измерений, люминесцентной и абсорбционной спектроскопии, лазерной техники, лазерных технологий и оборудования, взаимодействия излучения с веществом, производства и применения светодиодов.
Р3	Способность к исследованию и анализу состояния научно-технической проблемы, технического задания, к постановке цели и задач проектирования в области светотехники, оптотехники, фотонных технологий и материалов на основе подбора и изучения литературных и патентных источников. Способностью к разработке структурных и функциональных схем оптических, оптико-электронных, светотехнических приборов, лазерных систем и комплексов с определением их физических принципов работы, структуры и технических требований на отдельные блоки и элементы.
Р4	Способность к конструированию и проектированию отдельных узлов и блоков для осветительной, облучательной, оптико-электронной, лазерных техники, оптоволоконных, оптических, оптико-электронных, лазерных систем и комплексов различного назначения, осветительных и облучательных установок для жилых помещений, сельского хозяйства, промышленности
Р5	Способность к разработке и внедрению технологических процессов и режимов сборки оптических и светотехнических изделий, к разработке методов контроля качества изготовления деталей и узлов, составлению программ испытаний современных светотехнических и оптических приборов и устройств, фотонных материалов.

P6	Способность эксплуатировать и обслуживать современные светотехнические и оптические приборы и устройства, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
P7	Способность проявлять творческий, нестандартный подход, требующий абстрактного мышления, при решении конкретных научных, технологических и проектно-конструкторских задач в области фотонных технологий и материалов и светотехники, нести ответственность за принятые решения
P8	Способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
P9	Способность к инновационной инженерной деятельности, менеджменту в области организации освоения новых видов перспективной и конкурентоспособной оптической, оптико-электронной и световой, лазерной техники с учетом социально-экономических последствий технических решений
P10	Способность к координации и организации работы научно-производственного коллектива, принятию исполнительских решений для комплексного решения исследовательских, проектных, производственно-технологических, инновационных задач в области светотехники и фотонных технологий и материалов
P11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт физики высоких технологий
Направление подготовки: 12.04.02 «Оптотехника»
Кафедра лазерной и световой техники

УТВЕРЖДАЮ:
И.О. Зав. кафедрой
_____ Полисадова Е.Ф.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4BM5A	Кулжанова Айнур Батырхановна

Тема работы:

Разработка методики контроля фитопотоков в теплицах	
Утверждена приказом директора	03.12.2015 № 9489/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Литература по теме работы, объект исследования, оборудование
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Методы измерения солнечной радиации; методика измерения спектров излучения источников актиничного излучения; методика измерения спектров люминесценции хлореллы; анализ основных вариантов системы мониторинга (мониторинг на основе измерений потоков солнечной радиации, мониторинг на основе оптических методов контроля состояния растений, мониторинг на основе использования люминесценции растений); исследование влияния параметров актиничного излучения на спектры люминесценции, спектры возбуждения люминесценции и кинетика люминесценции хлореллы.
Перечень графического материала	Презентация: цели и задачи, актуальность, методики измерений, основные результаты исследований, выводы и рекомендации
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов О.Н., доцент каф. менеджмента ИСГТ
Социальная ответственность	Задорожная Т.А., ассистент каф. экологии и безопасности жизнедеятельности ИНК
Разделы, выполненные на иностранном языке	Надеждина Е.Ю, доцент каф. иностранных языков ФТИ
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Обзор литературы	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЛИСТ	Корепанов В.И.	Доктор физико–математических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ5А	Кулжанова А.Б.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа: 121 с., 46 рисунков, 16 таблиц, 70 источников, 1 приложений.

Ключевые слова: солнечная радиация, фотосинтетическая активная радиация, люминесценция, мониторинг, актиничное излучение.

Объект разработки - эффективная обратная связь для системы управления параметрами досветки растений в теплицах.

Целью работы – анализ и выбор эффективного метода мониторинга для системы управления количеством и качеством излучения в теплицах.

Методология проведения работы. Анализ литературный источников, анализ потоков солнечный радиаций в различные время суток при разные погоды условия и выбор датчиков ФАР для система мониторинга, исследование влияние актиничного излучение на люмиценцию растений.

Полученные результаты и их научная новизна – предложения и рекомендации для разработки система мониторинга для адаптивных систем облучения растений в теплицах.

Основные характеристики: мониторинг, ФАР (380-750 нм) в $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{сек}$ (допускается Вт/ m^2)

Область применения – сельскохозяйственное производство.

Определения, обозначения, сокращения

В работе использованы следующие обозначения и сокращения:

МСХА - Московская сельскохозяйственная академия

ИФ - интенсивность фотосинтеза

ЧПФ - чистой продуктивности фотосинтеза

УКП - углекислотный компенсационный пункт

РЦ - реакционных центрах

НАДФ – никотинамидадениндинуклеотифосфат

АТФ - аденозинтрифосфат

ВИ - Вегетационный индекс

NDVI - Normalized Difference Vegetation Index

NIR - коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра;

RED – коэффициент отражения в красной области спектра

MODIS - камера дистанционного зондирования на борту спутников Terra и Aqua

PV - солнечные батареи ветряк

СР – солнечный радиации

ФАР – фотосинтетический активный радиации

PPFD - photosynthetic photon flux density

Аннотация

В диссертационной работе сделан анализ возможностей основных методов мониторинга состояния растений, которые могут быть использованы для создания обратной связи в адаптивных системах облучения растений.

Показано, что основным должен быть самый «простой» алгоритм управления, основанный на сравнении падающих фитопотоков солнечной радиации. Люминесцентный и оптический по спектрам отражения методы могут быть эффективными вспомогательными методами управления процессами фотосинтеза.

Annotation

In the thesis, the analysis of the possibilities of monitoring methods of the plants' state is examined. They can be used to create feedback in adaptive plant irradiation systems.

"Simple" control algorithm based on comparison of the falling phyto-streams of solar radiation should be the main one. Luminescent and optical spectrum of reflection methods can be counted as auxiliary effective methods for controlling the processes of photosynthesis.

Оглавление

Введение.....	12
1.Обзор литературы	14
1.1. Сведения о процессах в фотосинтетическом аппарате растений при поглощении квантов излучения.....	14
1.1.1 Фотосистема I и фотосистема II: основные сведения	16
1.2 Механизмы диссипации энергии в клетках растений	17
1.2.1. Преобразование энергии	18
1.2.2. Миграция энергии возбуждения фотосинтетическими пигментами.....	20
1.3. Зависимость фотосинтеза от факторов внешней среды	21
1.4. Стресс растений	24
1.5. Методы определения интенсивности фотосинтеза	26
1.5.1. Концентрации CO ₂ и O ₂	27
1.6 Оптические параметры (поглощение, отражение, люминесценция) и характеристики листьев и плодов растений, индексы и их связь с процессами в фотосинтетическом аппарате, состоянием растений и пр.	28
1.6.1. Измерение уровня стресса и стрессоустойчивости.....	30
1.6.2. Вегетационный индекс (ВИ).....	32
2. Методики	35
2.1. Методы измерения солнечной радиации.....	35
2.2. Методика измерения солнечной радиации с помощью оптоволоконных спектрометров.....	37
2.3. Методы и аппаратура для исследования люминесценции листьев и плодов растений и контролируемые с их помощью процессы	37
2.3.1. Методика измерения спектров излучения источников актиничного излучения.....	37
2.3.2. Методика измерения спектров люминесценции хлореллы.....	38
3. Экспериментальные результаты.....	40

3.1. Анализ основных вариантов системы мониторинга	40
3.1.1. Мониторинг на основе измерений потоков солнечной радиации .	40
3.1.2. Мониторинг на основе оптических методов контроля состояния растений	47
3.2. Анализ возможности использования спектров отражения для контроля состояния растений	47
3.2.1. Анализ возможности использования люминесценции растений для контроля их состояния.....	48
3.2.2. Спектры люминесценции и возбуждения люминесценции хлореллы.....	49
3.2.3. Кинетика люминесценции хлореллы.....	51
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	62
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	62
4.2 Инициация проекта.....	62
4.3 План проекта	64
4.3.1 Бюджет научно-технического исследования	66
4.3.2 Расчет материальных затрат научно-технического исследования .	67
4.3.3 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	67
4.3.4 Основная заработная плата.....	68
4.3.5 Отчисления на социальные нужды	71
4.3.6 Накладные расходы	71
4.3.7 Расчет общей себестоимости проекта	72
4.4 Оценка эффективности исследования	72
5. Социальная ответственность	79
5.1. Производственная безопасность.	79
5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	79

5.1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	86
5.2. Экологическая безопасность.	88
5.2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	88
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	90
5.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.	90
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	92
5.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. ..	92
Выводы.....	94
Список использованных источников	95
Приложение А	101

Введение

Для развития растений идеальные условия в любом регионе земли и в любое время года можно создавать в теплицах. Основные задачи тепличных хозяйств: повышение урожайности, повышение продуктивности теплиц, уменьшение потребления электроэнергии. Решение этих проблем требуют *внедрения новых технологий* производства сельскохозяйственной продукции.

Управление процессами фотосинтеза и фотоморфогенеза - наиболее эффективный путь воздействия на рост и урожайность растений

Реализовать это можно создав адаптивную систему облучения на основе светодиодных облучателей. В основе построения такой системы лежит принцип оптимизации количества и качества ФАР для растения в различные периоды развития растения с учетом динамики падающей солнечной радиации. Все изменения (уменьшения) солнечного излучения должна компенсировать искусственная досветка. Это позволяет осуществлять облучать растения только тем количеством излучения и такого качества, которые необходимы в данный момент растению. Такая ОБУ будет не только энергоэффективной, но и позволит подбирать необходимые параметры облучения растения, которые обеспечивали бы наибольшую продуктивность при выращивании любых светокультур в теплицах.

Одна из проблем на пути создания адаптивных систем облучения - разработка способов, методов и конкретных систем управления количеством и качеством излучения. Понимание необходимости решения второй проблемы, то есть создания эффективной системы управления количеством и качеством излучения есть у всех производителей. Однако, хороших и дешевых технических решений для практического применения пока нет. Не доработаны способы управления фитопотоками, не решена проблема организации обратной связи между фитопотоками и растением, которая позволяет быстро компенсировать не достающие значения количества и качества излучения.

Актуальность определяется необходимостью повышения энергоэффективности облучательных установок в теплицах, требованиями импортозамещения сельскохозяйственной продукции.

Цель работы – анализ и выбор метода эффективного мониторинга для системы управления количеством и качеством излучения досветки растений в теплицах.

Задачи:

1. Анализ возможностей и методов использования для управления потоками дополнительной подсветки растений в теплице на основе мониторинга спектроцветовых характеристик солнечной радиации.

2. Анализ возможностей и методов использования для управления потоками дополнительной подсветки растений в теплице на основе измерения оптических характеристик растений.

Результат – выбор основного метода мониторинга, аппаратуры, комплектующих и пр.

1. Обзор литературы

1.1. Сведения о процессах в фотосинтетическом аппарате растений при поглощении квантов излучения

Поглощением квантов света в видимой части спектра (400-700 нм), которые имеют достаточную энергию для осуществления фотосинтеза, обладают органические соединения (пигменты), содержащие системы сопряженных связей. Пигменты фотосинтеза у высших растений значительно менее разнообразны [1].

Если учесть, что часть энергии электронного возбуждения рассеивается по колебательно - вращательным степеням свободы уже через 10^{11} сек после электронного перехода, а высвечивание кванта люминесценции происходит только через 10 сек или даже больше, то можно сделать вывод, что максимум в спектре люминесценции должен быть сдвинут в более длинноволновую область (рисунок 1.1), по сравнению с максимумом в спектре поглощения (правило Стокса).

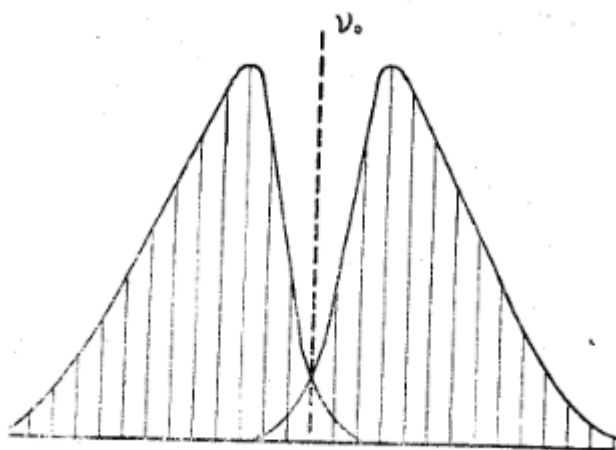


Рисунок 1.1 - Соотношение длин волн в "красной" области спектра поглощения и в спектре люминесценции (флуоресценции) хлорофилла [2].

В фотосинтетическом аппарате световая энергия поглощается в основном зелеными пигментами. Спектры поглощения хлорофиллов

изображены на (рисунок 1.2). Расположение у хлорофиллов максимума поглощения в красной и инфракрасной ближней области может иметь особое значение. Энергии красных квантов вполне достаточно для осуществления фотохимических реакций фотосинтеза [2].

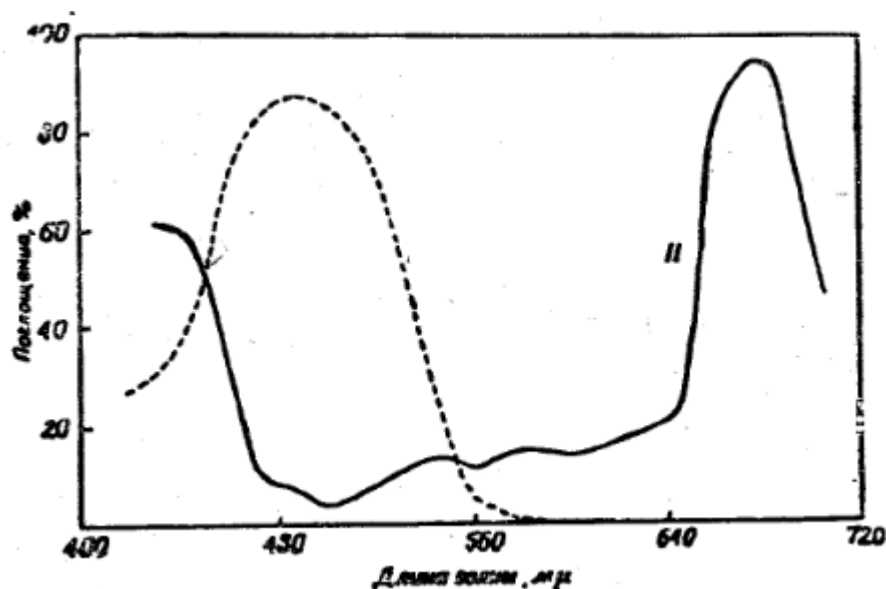


Рисунок 1.2 - Обобщенный спектр поглощения каротиноидов, по сравнению с хлорофиллом [2].

Биофизика фотосинтеза объединяет исследования, посвященные расшифровке особенностей поглощения квантов света пигментами, образованию электронных возбужденных состояний, миграции энергии электронного возбуждения, расходованию энергии на осуществление химической работы, люминесценцию и рассеивание в виде тепла. К этому же разделу относится изучение тонкой структуры фотосинтетического аппарата, конформационных изменений хлоропластов и их компонентов, процессов диффузии и т. д. [2].

1.1.1 Фотосистема I и фотосистема II: основные сведения

Пигменты растений, участвующие в фотосинтезе, "упакованы" в тилакоиды хлоропластов в виде функциональных фотосинтетических единиц, называемых фотосистемами. Имеются два типа фотосистем: фотосистема I и фотосистема II. Каждая фотосистема содержит 250-400 молекул пигментов. Все пигменты фотосистемы могут поглощать частицы световой энергии, называемые фотонами или квантами света, но только молекула хлорофилла данной фотосистемы может использовать поглощенную энергию в фотохимических реакциях. Эта молекула называется реакционным центром фотосистемы, а другие молекулы пигментов называются антенными, поскольку они улавливают энергию света, подобно антеннам, для последующей передачи реакционному центру.

Благодаря разнообразию пигментов по их способности к поглощению в разных частях спектра, спектр видимого света используется весьма полно рисунок 1.3 [3].

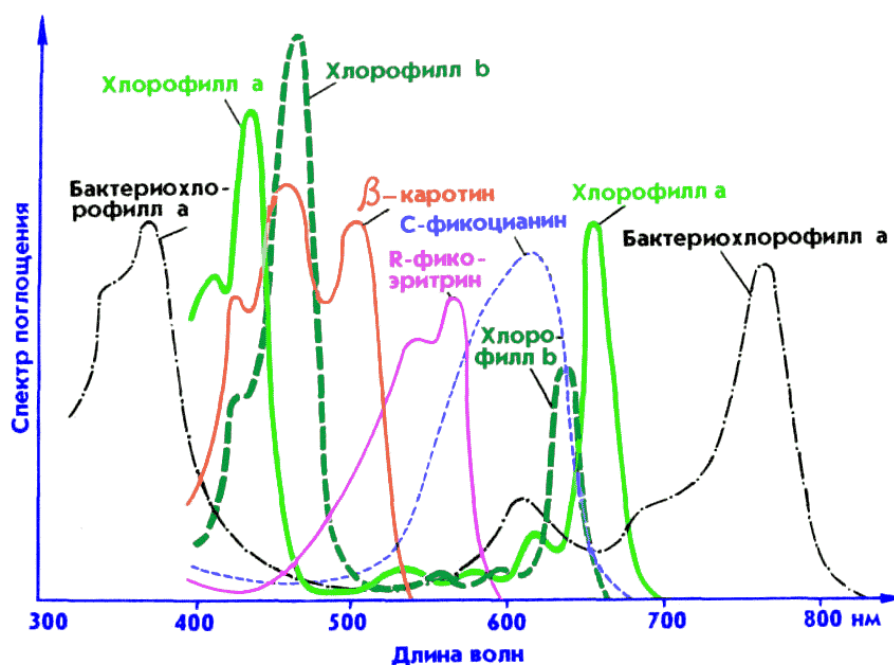


Рисунок 1.3 - Спектры поглощения хлорофиллов и бета-каротина в органических растворителях и фикобилинпротеидов в водном растворе [3].

1.2 Механизмы диссипации энергии в клетках растений

Биологи определили основные процессы в растении, которые управляют накоплением хлорофилла, то есть биомассы растения. Для контроля роста и развития растения разработаны методики, которые позволяют контролировать скорость фотосинтеза.

Возбужденный хлорофилл теряет поглощенную энергию излучения на фотосинтез (фотохимические преобразования энергии или фотохимическое тушение), в тепло в результате не фотохимического тушения, или излучение флуоресценции. Поскольку все эти процессы конкурируют друг с другом, анализируя флуоресценцию хлорофилла, можно получить представления об интенсивности фотосинтеза и «здоровье» растения.

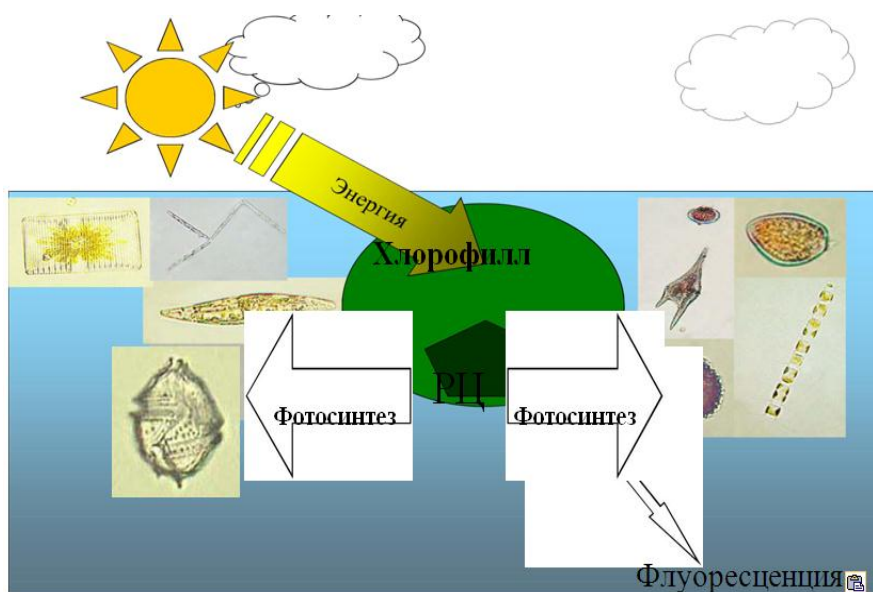


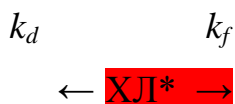
Рисунок 1.4 - Процесс энергии возбуждения [21].

Схема диссипации энергии возбужденного хлорофилла:

в тепло с константой k_d ,

во флуоресценцию с константой k_f ,

на фотохимический перенос электрона с константой k_p .



k_p

Квантовый выход η и время жизни τ флуоресценции хлорофилла ФСА:

$$\eta = \frac{\kappa_f}{\kappa_f + \kappa_d + \kappa_p} \quad (1.1)$$

$$\tau = \frac{1}{\kappa_f + \kappa_d + \kappa_p} \quad (1.2)$$

Если перенос электрона от возбужденного состояния ХЛ на [21].

Q_a - невозможен и $k_p=0$, то

$$\eta_m = \frac{\kappa_f}{\kappa_f + \kappa_d} \quad (1.3)$$

1.2.1. Преобразование энергии

Переходя на более низкий энергетический уровень, возбужденная молекула может испустить квант света. Этот процесс называется люминесценцией. Существуют два вида люминесценции: флуоресценция, когда свет испускается очень быстро после поглощения, и фосфоресценция, которая начинается спустя какое-то время после поглощения света и затухает гораздо медленнее. Флуоресцируют многие органические красители в растворах, например флуоресцеин. Фосфоресценция наблюдается у некоторых красителей, растворенных в твердых стеклах, и у минералов, таких, как сульфид цинка, который испускает свет спустя длительное время после помещения в темноту. Возбужденные продукты образуются в результате некоторых химических реакций. Если при этом происходит испускание света, то говорят, что имеет место хемилюминесценция. Одна из наиболее эффективных хемилюминесцентных систем обнаружена у светляков. Свечение происходит в результате окисления люциферина, катализируемого люциферазой[22].

- Перенос энергии.

Энергия электронного возбуждения может передаваться от одной молекулы к другой, при этом возбужденная молекула-акцептор может участвовать в любом из описанных выше процессов. Механизмы переноса энергии весьма разнообразны: от радиационных процессов, когда энергия передается на астрономические расстояния, до столкновительных, при которых обмен происходит на расстояниях порядка размера молекул.

- Тушение.

Энергия электронного возбуждения донора, переданная акцептору, может перейти в энергию возбуждения других видов (трансляционную или колебательную) – диссипировать. В этом случае говорят, что происходит тушение флуоресценции[22].

- Фотосинтез.

Это биологический фотохимический процесс, протекающий во всех зеленых растениях и некоторых бактериях. В ходе фотосинтеза диоксид углерода и вода превращаются в углеводы (резервные питательные вещества) с высвобождением кислорода. Почти весь кислород, присутствующий в атмосфере Земли, образовался в результате фотосинтеза, и в отсутствие жизни на Земле его содержание в атмосфере было бы в миллион раз меньше, чем сейчас. Животные получают солнечную энергию косвенным путем, поедая растения. Масса всех органических веществ, произведенных зелеными растениями за время их существования, составляет около 1% массы самой планеты, а в процессе фотосинтеза аккумулируется количество энергии, в десять раз превышающее то, которое потребляет все население Земли. Фотосинтез – очень сложный процесс, включающий несколько стадий. Веществом, ответственным за поглощение света растениями, является пигмент хлорофилл. Под действием света от его молекулы отрывается электрон, который передается от одного переносчика к другому. Именно этот поток электронов обуславливает превращение световой энергии в химическую в ходе последовательных окислительно - восстановительных реакций. Весь процесс

протекает в специализированных упорядоченных структурах – хлоропластах[22].

1.2.2. Миграция энергии возбуждения фотосинтетическими пигментами

Пигменты в хлоропластах образуют у высших растений две системы. Каждая пигментная система составляет фотосинтетическую единицу, которая входит в фотосистемы I и II. Каждая из этих единиц состоит из набора молекул вспомогательных пигментов, передающих энергию на одну молекулу основного пигмента (P700 и P680). Последние молекулы входят в состав реакционных центров. В реакционных центрах энергия используется для осуществления химической реакции, которая является центральным звеном фотосинтеза[23].

Пигменты, входящие в состав систем, делят на пигменты-ловушки и пигменты-сборщики. Пигмент-ловушка может преобразовывать энергию. Пигмент-сборщик квантов света передает поглощенную энергию пигменту-ловушке. В пигментных системах ловушками являются P700 и P680. Остальные пигменты – сборщики. В результате фотосинтез может происходить и при освещении светом, поглощенным не хлорофиллом а, а, например, каротиноидами.

Итак, первой стадией фотосинтеза является поглощение света, затем идет перенос энергии возбуждения и дальше фотохимические стадии в виде химических реакций (рис. 1.5).

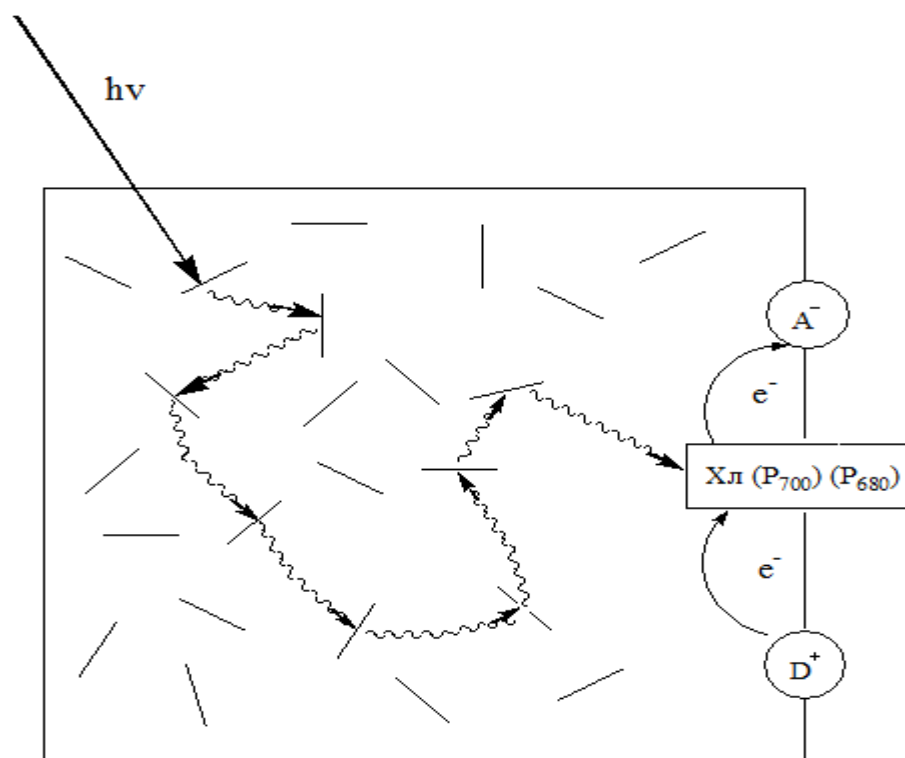


Рисунок. 1.5 - Схематическая иллюстрация группы пигментов, действующих совместно в качестве фотосинтетической единицы, которая собирает кванты света и передает возбуждение на специальный хлорофилл (Хл-ловушка) [23].

1.3. Зависимость фотосинтеза от факторов внешней среды

У растений, осуществляющих C_3 - путь фотосинтеза, насыщение происходит при более низкой интенсивности света, чем у растений с C_4 -путем превращения углерода, высокая фотосинтезирующая активность которых проявляется только при высоком уровне освещенности.

В области светового насыщения интенсивность фотосинтеза значительно выше интенсивности дыхания. При снижении освещенности до определенной величины интенсивности фотосинтеза и дыхания уравниваются. Уровень освещения, при котором поглощение CO_2 в процессе фотосинтеза уравнивается выделением CO_2 в процессе дыхания, называется световым компенсационным пунктом. Его величину определяют при 0,03% CO_2 и температуре 20°C. Значение светового компенсационного пункта неодинаково

не только у теневыносливых (составляет примерно 1 % от полного света) и светолюбивых растений (около 3 — 5 % от полного солнечного света), но и у листьев разных ярусов одного и того же растения, оно зависит также от концентрации CO_2 в воздухе. Чрезмерно высокое освещение резко нарушает процесс биосинтеза пигментов, фотосинтетические реакции и ростовые процессы, что в итоге снижает общую продуктивность растений.

На ход световых кривых фотосинтеза влияют изменения других факторов внешней среды. Например, при низких температурах (12 С) повышение интенсивности света становится малоэффективным. Температурный оптимум у растений с C_3 -типом фотосинтеза лежит в пределах 25-35 С. Повышение концентрации CO_2 с увеличением освещенности приводит к возрастанию скорости фотосинтеза (рисунок 1.6) [23].

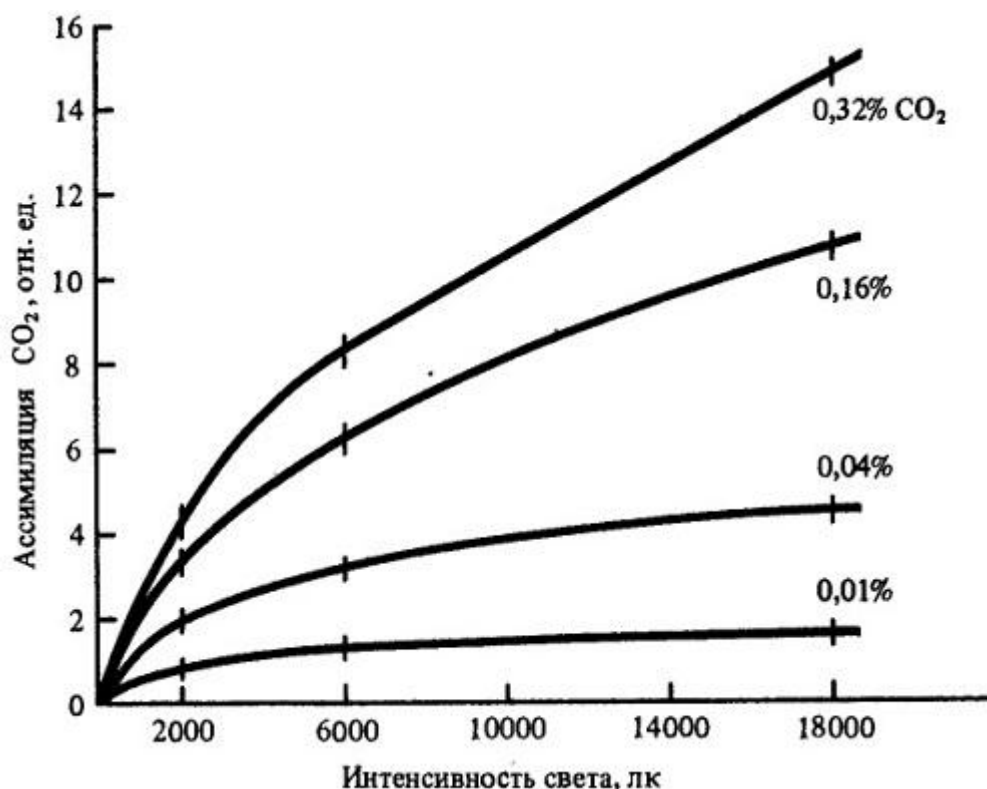


Рисунок.1.6 - Взаимовлияние интенсивности света и концентрации углекислого газа на скорость фотосинтеза у мха [23].

Эти различия в метаболизме углерода при действии света разного качества обнаружены у целых растений с C_3 - и C_4 - путями ассимиляции CO_2 , у зеленых и красных водорослей они сохраняются при различных концентрациях CO_2 и неодинаковой интенсивности света. Но у изолированных хлоропластов различий в образовании крахмала на синем и красном свете не обнаружено. Полагают, что фоторецептором, с деятельностью которого связаны изменения в метаболизме углерода на синем свете у зеленых растений, являются флавины. Скорость фотосинтеза быстро и значительно увеличивается при добавке небольшого количества (20% от насыщения красного света) синего света к красному. По-видимому, это связано с тем, что фотохимическая стадия фотосинтеза регулируется синим светом[23].

- Концентрация диоксида углерода

Углекислый газ является основным субстратом фотосинтеза его содержание определяет интенсивность процесса. Концентрация CO_2 в атмосфере составляет 0,03%. В слое воздуха высотой 100 м над гектаром пашни содержится 550 кг CO_2 . Из этого количества за сутки растения поглощают 120 кг CO_2 . Зависимость фотосинтеза от CO_2 выражается логарифмической кривой (рисунок 1.7). При концентрации 0,03 % интенсивность фотосинтеза составляет лишь 50 % от максимальной, которая достигается при 0,3% CO_2 . Это свидетельствует о том, что в эволюции процесс фотосинтеза формировался при большей концентрации CO_2 в атмосфере. Кроме того, такой ход зависимости продуктивности фотосинтеза от концентрации CO_2 указывает на возможность подкормки растений в закрытых помещениях CO_2 для получения большего урожая. Такая подкормка CO_2 оказывает сильное влияние на урожай растений с C_3 - типом ассимиляции CO_2 и не влияет на растения с C_4 - типом, у которых существует особый механизм концентрирования CO_2 [23].

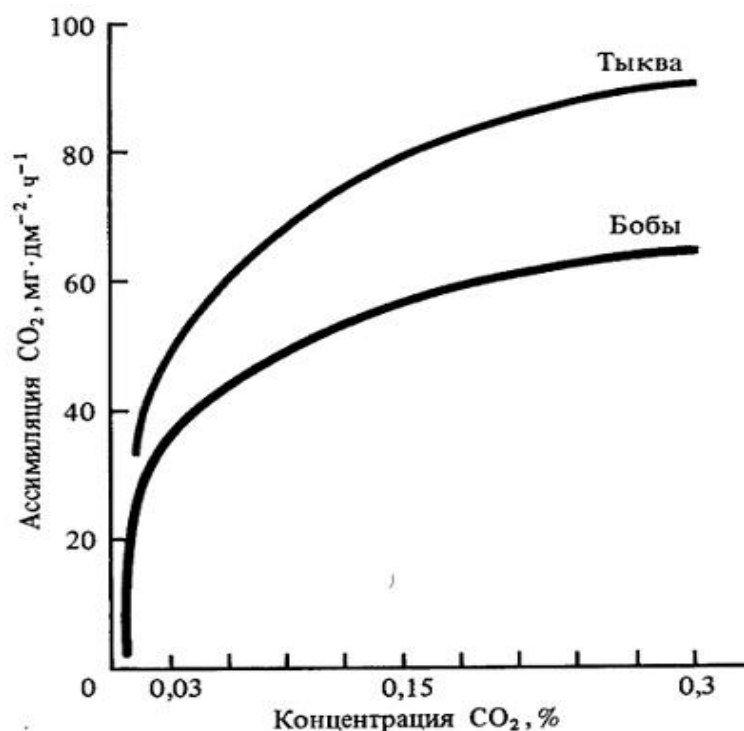


Рисунок 1.7. Зависимость интенсивности фотосинтеза от концентрации углекислого газа[23].

Интенсивность ассимиляции CO_2 зависит от скорости его поступления из атмосферы в хлоропласты, которая определяется скоростью диффузии CO_2 через устьица, межклетники и в цитоплазме клеток мезофилла листа. В открытом состоянии устьица занимают лишь 1—2% площади листа, остальная поверхность покрыта плохо проницаемой для газов кутикулой. Однако при наличии кутикулы CO_2 входит в лист через устьица за единицу времени в таком же количестве, как и без нее.

1.4. Стресс растений

В естественных условиях произрастания растения почти никогда не находятся в оптимальных ситуациях комплекса факторов внешней среды, постоянно испытывают действие стрессовых факторов разной силы и продолжительности [24].

Зооинженерный факультет МСХА

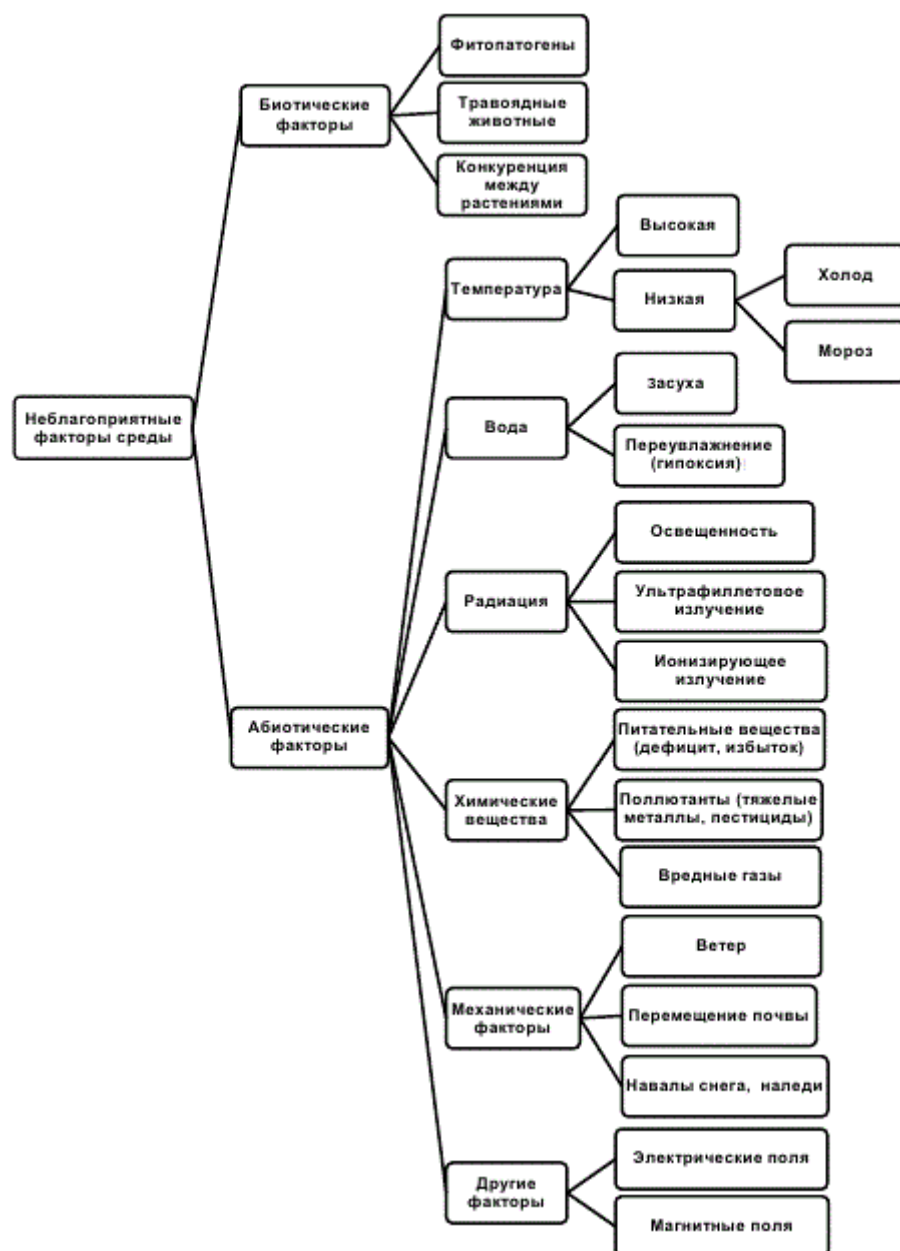


Рисунок 1.8 - Неблагоприятные факторы внешней среды, вызывающие у растений стрессовое состояние [24].

У растений, в соответствии с теорией Г. Селье, выделяют три последовательные фазы ответной реакции на воздействие неблагоприятных факторов: первичная стрессовая реакция (тревога и торможение процессов жизнедеятельности), адаптация (в течение которой растение приспосабливается к стрессору), истощение (если адаптивный потенциал растений недостаточен для того, чтобы противостоять влиянию стрессора).

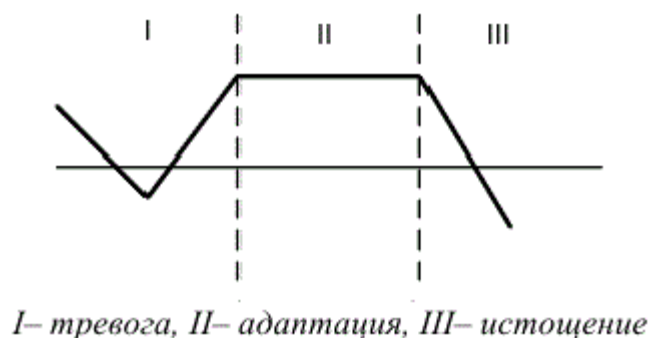


Рисунок 1.9 - Фазы ответной реакции растений на действие стрессора (по Г. Селье) [24].

1.5. Методы определения интенсивности фотосинтеза

Под интенсивностью фотосинтеза (ИФ) понимают количество CO_2 , усваиваемое единицей листовок поверхности за единицу времени. ИФ измеряется преимущественно в $\text{мг CO}_2/(\text{дм}_2/\text{ч})$ или в $\text{мкмоль} \cdot \text{CO}_2/(\text{м}_2/\text{с})$. Реже для характеристики активности фотосинтеза используют количество O_2 , выделяемое единицей листовой поверхности за единицу времени[26].

Наиболее распространенным методом определения ИФ как в лабораторных, так и в полевых условиях является газо метрический. Измерение поглощения CO_2 имеет ряд важных преимуществ(в сравнении с определением накопления сухой массы):

- данный метод применим в любое время,
- не приводит к уничтожению растения,
- позволяет оценить прибавку сухой массы за короткий интервал времени (за минуты, часы или дни), дает возможность изучать каждый листв отдельности и соответственно оценить вклад каждого яруса в фотосинтетическую деятельность растения, отделяя прибыль углерода за счет фотосинтеза от потерь за счет дыхания.

При использовании этого метода лист, растения или группы растений помещаются в прозрачную камеру. ИФ таких объектов определяют с помощью инфракрасных газоанализаторов по содержанию CO_2 в токе воздуха. Это самый производительный и точный метод учета поглощения CO_2 . Недавно

появились портативные ИК-газоанализаторы на CO_2 , используемые при работе в поле[27].

Радиометрический метод предполагает введение метки p^{14}C в виде CO_2 . С этой целью лист (целое растение) экспонируется с $^{14}\text{CO}_2$ в течение короткого (менее 60 с), но точно изморенного, периода времени. Затем лист срезают, фиксируют в жидком азоте и определяют содержание в нем ^{14}C , которое прямо пропорционально ИФ. Метод широко используется для полевого измерения.

1.5.1. Концентрации CO_2 и O_2

Зависимость ИФ от концентрации CO_2 в воздухе выражается углекислотным насыщением, имеющем вид прямоугольной гиперболы для C_4 - растений и непрямоугольной для C_3 - растений. Углекислотное насыщение фотосинтеза у C_4 - растений, имеющих механизмы концентрирования CO_2 , происходит при содержании двуокиси углерода, близком к естественному. Его дальнейшее повышение, как правило, не увеличивает ИФ в отличие от C_3 - видов, у которых ИФ значительно возрастает. В результате C_3 - виды, уступая C_4 - видам по ИФ в нормальных условиях, превосходят их при высокой концентрации CO_2 , например при 0,1%[26].

С увеличением концентрации O_2 выше атмосферной ИФ подавляется в результате активации фотодыхания, а при снижении содержания O_2 , наоборот, ИФ возрастает.

Реакцией растений на длительное выращивание при повышенной концентрации CO_2 являются увеличение площади листьев, уменьшение листовой обеспеченности биомассы, возрастание чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ). Это сопровождается существенной структурной и функциональной перестройкой фотосинтетического аппарата: увеличением толщины листовых пластинок за счет возрастания размеров клеток столбчатой

и губчатой паренхимы, снижением содержания хлорофилла, а также отношения хлорофилла а к хлорофиллу b.

Однако длительное (несколько недель) выращивание растений в атмосфере повышенной концентрации CO_2 снижало эффект этого приема. Размеры как начальной стимуляции фотосинтеза, так и последующего его подавления носят сортоспецифический характер. Эффект повышенной концентрации CO_2 увеличивается также при низкой освещенности, например в теплицах зимой. Это объясняется снижением УКП, что увеличивает период чистого накопления углерода, особенно для самых нижних листьев в посевах. Кроме того, при недостатке света в растении возникает повышенный спрос на ассимилянты, что удовлетворяется за счет усиления фотосинтеза при увеличении концентрации CO_2 .

1.6 Оптические параметры (поглощение, отражение, люминесценция) и характеристики листьев и плодов растений, индексы и их связь с процессами в фотосинтетическом аппарате, состоянием растений и пр.

Флуоресценция хлорофилла. Характер изменения первичных стадий фотосинтеза непосредственно отражается в изменении флуоресценции хлорофилла в фотосинтетических мембранах клеток. Для понимания этой взаимосвязи достаточно напомнить, что поглощение кванта света переводит молекулу хлорофилла в электронное возбужденное состояние, энергия которого в растворе при отсутствии фотосинтеза переходит либо в тепло, либо в флуоресценцию. В фотосинтетической мембране энергия электронного возбуждения хлорофилла используется в реакционных центрах (РЦ) для генерации потока электронов в первичных стадиях фотосинтеза, необходимых для восстановления НАДФ и образования АТФ. Фотосистема II разлагает воду с выделением свободного кислорода и отдает электрон через цепь переносчиков на фотосистему I, которая уже восстанавливает НАДФ (подробнее см. [34, 37]). В клетке в основном флуоресцирует хлорофилл,

принадлежащий фотосистеме II, и именно изменения его флуоресценции говорят о состоянии реакционных центров этой фотосистемы. При активном фотосинтезе, когда все РЦ находятся в открытом рабочем состоянии, в условиях слабого освещения почти вся поглощенная энергия света используется в процессе фотосинтеза.

Фотосинтетическая цепь переноса электрона как бы захлебывается от избытка поглощенной световой энергии, переводя все большую часть поглощенной энергии света в флуоресценцию. Можно найти разницу между интенсивностями флуоресценции хлорофилла при закрытых и открытых РЦ.

$$(F_v = F_m - F_0), \quad (1.4)$$

Которую называют переменной флуоресценцией (F_v) хлорофилла в клетках (см. рисунок 1.10). Как видно, величина F_v соответствует той части энергии света, которая используется открытыми реакционными центрами в фотосинтезе, то есть может характеризовать активность начальных стадий фотосинтеза. На практике оценивают отношение F_v / F_m , величина которого тесно связана с первичной продуктивностью фитопланктона в природных водоемах. Она хорошо коррелирует с фотосинтетической продукцией клеток, определенной классическими методами по восстановлению CO_2 с помощью радиоактивных изотопов ^{14}C .

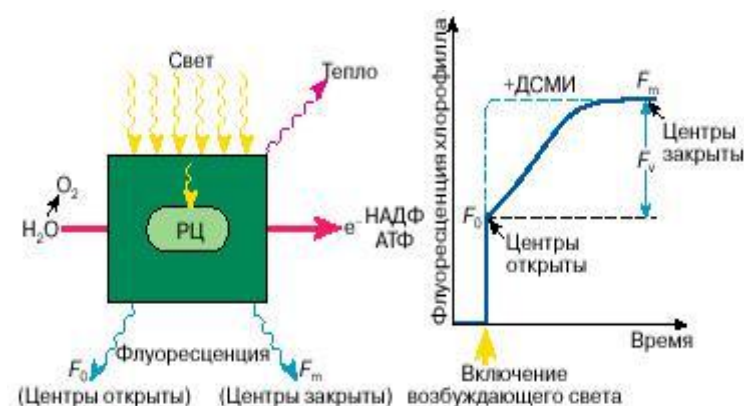


Рисунок. 1.10 - Схема, иллюстрирующая конверсию энергии света в фотосистеме II с образованием АТФ и восстановлением НАДФ. РЦ - реакционный центр фотосистемы II. Флуоресценция F_0 и F_m при активных и неактивных реакционных центрах фотосистемы II соответственно.

1.6.1. Измерение уровня стресса и стрессоустойчивости

Флуоресценция хлорофилла позволяет измерить уровень стресса растений. По её уровню можно судить об уровне воздействия абиотических стрессов, поскольку экстремальные температуры, избыточное освещение и засуха негативно влияют на метаболизм растений. Структура молекулы хлорофилла хорошо приспособлена к своим функциям сенсibilизатора фотохимических реакций. Поглощение молекулой хлорофилла света в сине-фиолетовой части спектра обусловлено системой конъюгированных одинарных и двойных связей порфиринового кольца.

Поглощение в красной области связано с гидрированием двойной связи у C7-C8 в IV пиррольном ядре (при переходе от протохлорофиллида к хлорофиллиду) и присутствием магния в порфириновом кольце.

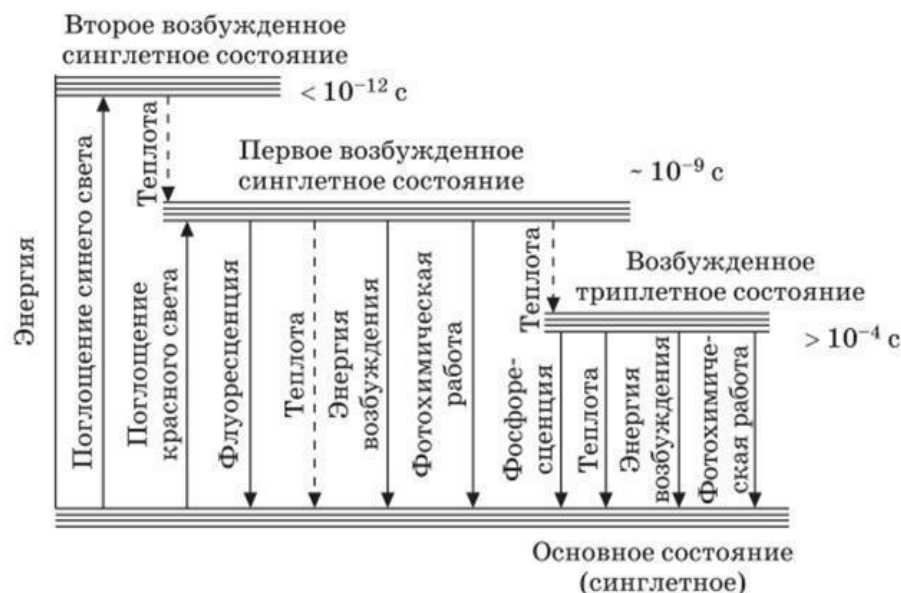


Рисунок 1.11 - Переходы между возбужденными состояниями хлорофилла после поглощения кванта красного и синего света

Результаты проведенных экспериментальных исследований позволили предложить индексы адаптации к стрессу, основанные на измерении спектральных характеристик кинетических параметров флуоресценции [43]:

$$Am_s = 1 - \frac{Fm_{115} / Fm_{685}}{Fs_{115} / Fs_{685}}; \quad (1.5)$$

$$Am_0 = 1 - \frac{Fm_{115} / Fm_{685}}{F0_{115} / F0_{685}}, \quad (1.6)$$

где Am_s и Am_0 – индексы адаптации, использующие сигналы флуоресценции уровней F_m и F_0 . Цифры соответствуют длинам волн, нм, для которых измерялись показатели.

Важным направлением изучения фотосинтетической активности растений в условиях экологического стресса является не только исследование отдельных наземных растительных видов, наземных фитоценозов, но также и исследование фитопланктона. Это направление потенциально имеет два аспекта:

1) применение существующих методов оценки стрессорных воздействий на фотосинтетическую систему по условным эмпирическим показателям кинетики флуоресценции, аналогичным A_p ;

2) оценка стрессорных воздействий по показателям первичной продукции.

1.6.2. Вегетационный индекс (ВИ)

Показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) данных дистанционного зондирования, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка.

Эффективность ВИ определяется особенностями отражения; эти индексы выведены, главным образом эмпирически.

Расчет большей части вегетационных индексов базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках кривой спектральной отражательной способности растений (рисунок 1.12)[44]. На красную зону спектра (0,62 - 0,75 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону (0,75 - 1,3 мкм) максимальное отражение энергии клеточной структурой листа. т. е. высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с большой фитомассой растительности) ведет к более низким значениям коэффициентов отражения в красной зоне спектра и большим значениям в ближней инфракрасной. Как это хорошо известно, отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительность от прочих природных объектов.

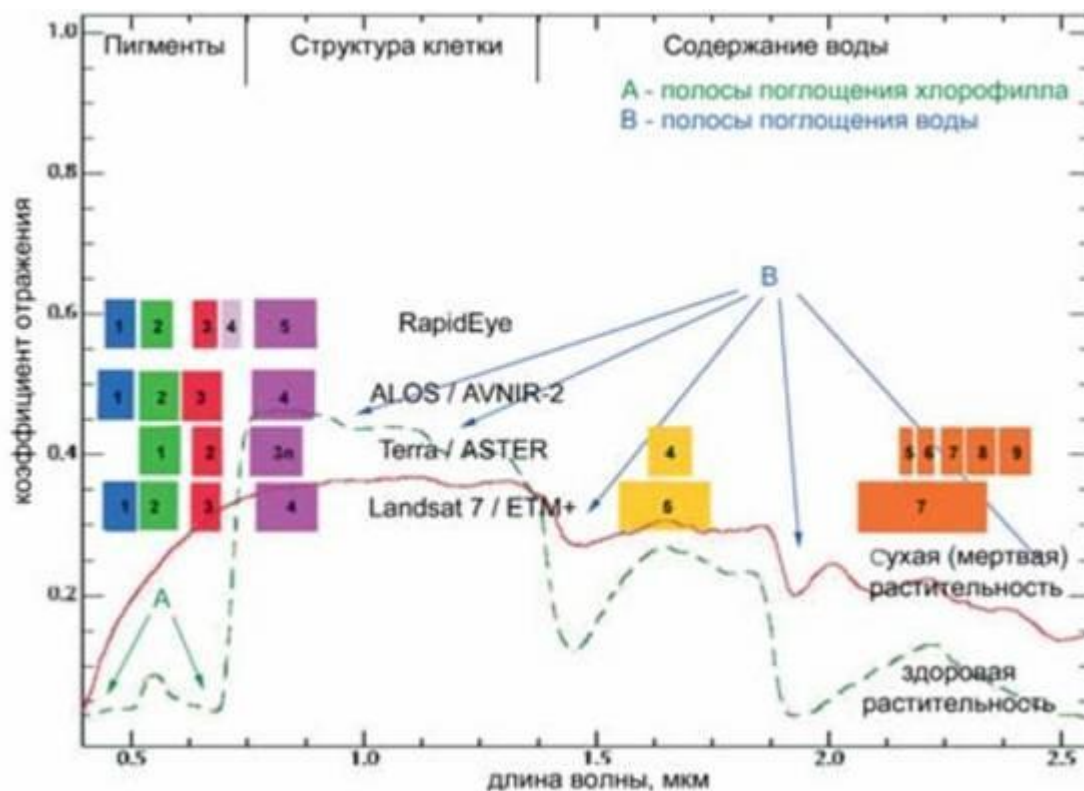


Рисунок 1.12 - Индексы сгруппированы в категории по свойству растительности, которое они характеризуют [44].

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный разностный индекс растительности, впервые был описан Rouse B.J. в 1973г. – простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом). Один из самых распространенных и используемых индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова.

Индекс NDVI вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

(1.7)

NIR - коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра;

RED – коэффициент отражения в красной области спектра [44].

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной (рисунок 1.13).

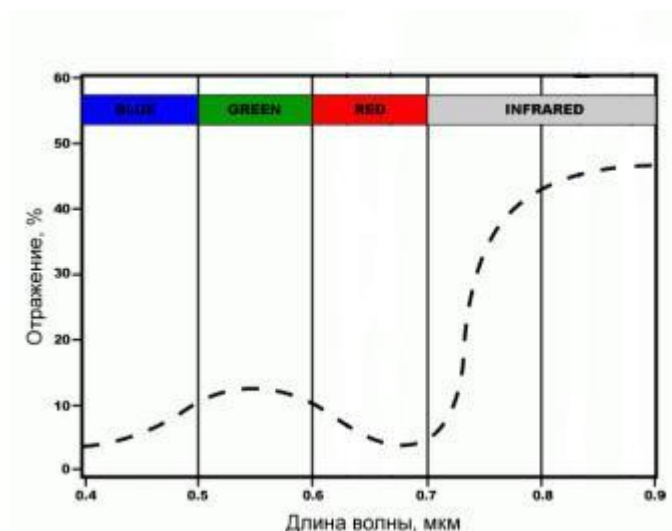


Рисунок 1.13 - Участки характеристической кривой отражения растительности (усредненной), используемые для расчета NDVI с помощью данных MODIS[45].

2. Методики

2.1. Методы измерения солнечной радиации

Онлайн калькулятор солнечной радиации.

Для получения сведений о спектрах солнечного излучения в условиях ясного неба использовался «онлайн калькулятор» солнечной радиации[47].

Этот калькулятор определяет спектр солнечного излучения, перехваченного модулем PV в условиях ясного неба.

Пользователь задает расположение и ориентацию модуля, время суток и года, а также атмосферные условия для безоблачного неба (например, паров воды, озона, мутность). Калькулятор затем определяет прямые, диффузные и глобальные компоненты спектра излучения, падающего на модуль.

Плотности потоков солнечной радиации, измеренные с помощью «онлайн калькулятора» и с помощью AvaSpec – 2048 согласовывались между собой.

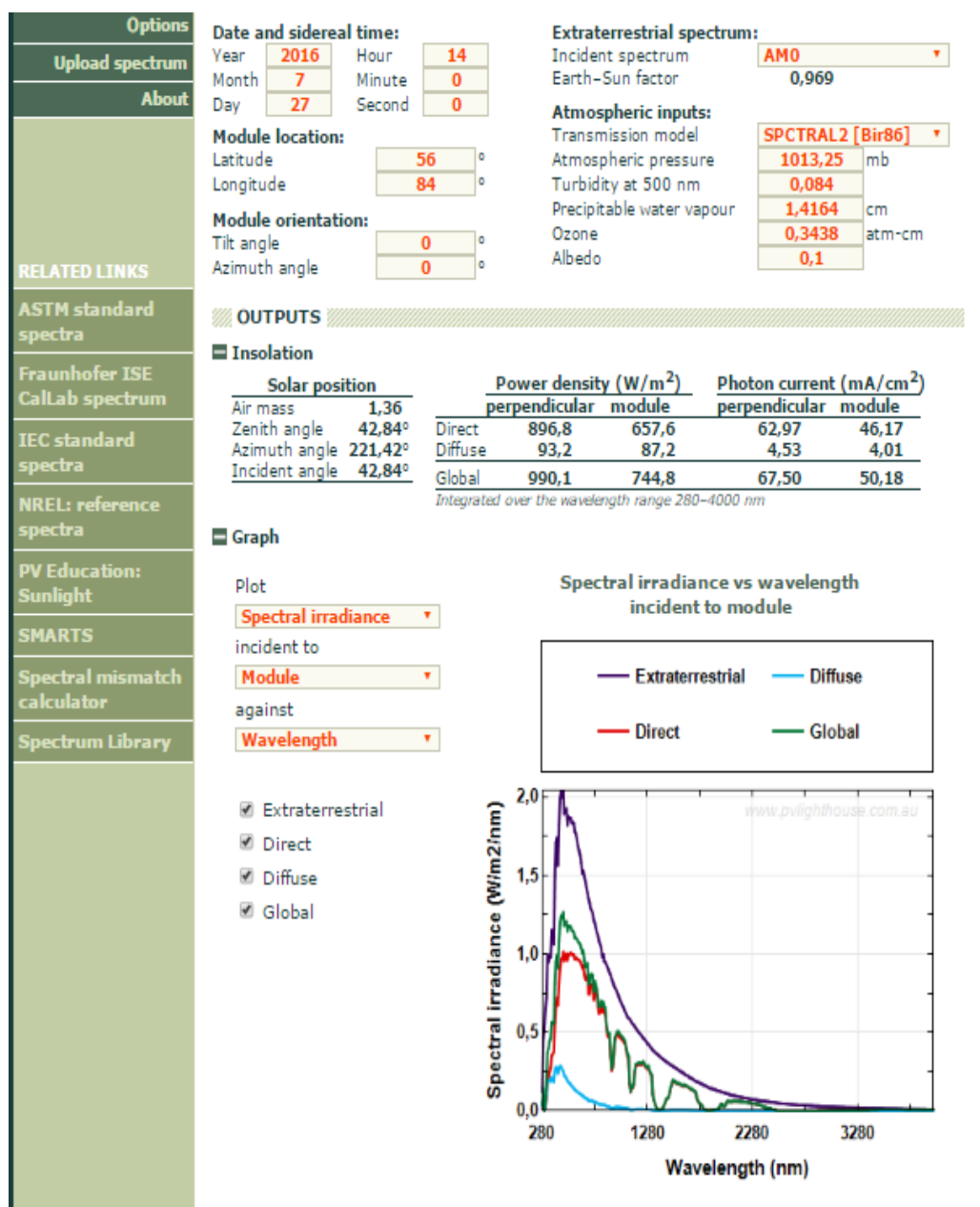


Рисунок 2.1 – Внешний вид интерфейса калькулятора, г. Томск
интерфейса калькулятора 27. 07. 2016г [47].

Результаты с составлением этого калькулятора не дает никаких гарантий, явно выраженных или подразумеваемых, и не несет никакой юридической ответственности за точность, полноту или полезность какой-либо информации, раскрытой или вынесенного этим калькулятором. Однако он удобен для быстрой оценки СР [47].

2.2. Методика измерения солнечной радиации с помощью оптоволоконных спектрометров

Семейство спектрометров AvaSpec для оптической спектрометрии в диапазоне 180 – 2500 нм с разрешением от 0.025 нм было создано Голландским холдингом Avantes B.V. в 2003 г. Основными компонентами компактных оптических модулей Avantes B.V. являются высокотехнологичные многоэлементные датчики и современные волоконно-оптические и микрооптические элементы.

Модульная комплектация спектрометров позволяет использовать один оптоволоконный спектрометр для обеспечения самых разнообразных методов измерения: радиометрия, фотоколориметрия, фотометрия, спектрофотометрия, рефлектометрия, спектрофлюориметрия, нефелометрия, люминометрия. Высокая скорость автоматизированных измерений позволяет вести аналитические исследования и управлять технологическими процессами в режиме реального времени, а использование относительно дешёвых датчиков и экономичных измерительных модулей обуславливает достаточно невысокую стоимость спектрометрических систем Avantes [48].

2.3. Методы и аппаратура для исследования люминесценции листьев и плодов растений и контролируемые с их помощью процессы

2.3.1. Методика измерения спектров излучения источников актиничного излучения

В качестве такого источника использовалось стационарная ксеноновая лампа. Схема измерения спектров актиничного излучения с помощью спектрометра Avantes показана на рисунке 2.2.

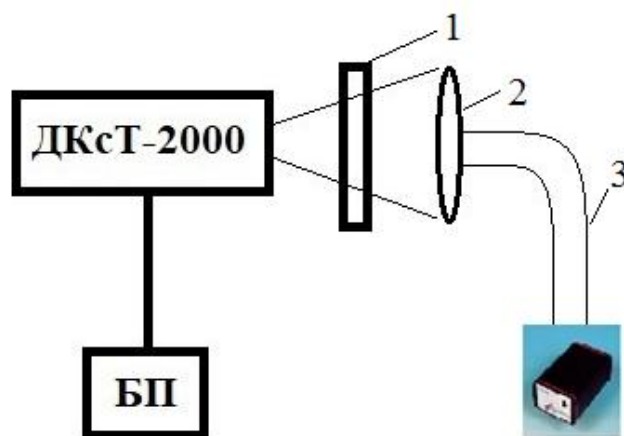


Рисунок 2.2 - Методика измерения спектров излучения источников актиничного излучения Avantes спектрометр. 1- фильтр, 2- линза, 2 –световод.

2.3.2. Методика измерения спектров люминесценции хлореллы

Измерение люминесценции хлореллы производилось с помощью спектрофлуориметра Cary Eclipse[49].

Cary Eclipse - спектрофлуориметр с двумя сверхбыстрыми сканирующими монохроматорами, построенный на основе импульсной ксеноновой лампы и оптики Шварцшильда. Cary Eclipse обладает максимальной чувствительностью, скоростью и мощным пакетом программного обеспечения[49].

Cary Eclipse обеспечивает работу в режимах измерения флуоресценции, фосфоресценции, хеми- и биолюминесценции и дает возможность сбора 80 точек в секунду в режиме флуоресценции, что необходимо для изучения быстрых кинетических процессов. В этом приборе используется метод импульсно-амплитудной модуляции (РАМ). Путём модуляции амплитуды возбуждающего светового пучка (микросекундный диапазон импульсов) и синхронного измерения возбуждаемой флуоресценции или рассеянного излучения, можно работать только на частоте модулированного возбуждающего потока излучения. Так как фоны не модулированы то это

позволяет эффективно отфильтровывать полезные сигналы в электронном тракте измерительной системы[49].



Рисунок 2.3 - флуоресцентный спектрофотометр Agilent Cary Eclipse[49].

Технические характеристики спектрофотометра Cary Eclipse приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики спектрофотометра[49].

Источник света	пульсирующая Хе лампа
Ширина импульса	2 мкс
Эквивалентная мощность	75 кВт
Оптика	Шварцшильда
Монохроматоры	Черни-Турнера, 0.125 м
Дифракционные решетки	30 x 35 мм, 1200 линий/мм
Детекторы	два ФЭУ R298
Оптический диапазон	Возбуждение: 200-900 нм , Эмиссия: 200-900 нм
Спектральная ширина щели	1.5, 2.5, 5, 10 и 20 нм
Максимальная скорость сканирования	24000 нм/мин
Скорость сбора кинетических данных	4800 точек/мин
Время усреднения сигнала	Флюоресценция: 0.0125 - 999 с, Фосфоресценция: 1 мкс -10с , Био/Хемилюминесценция: 40мкс -10с

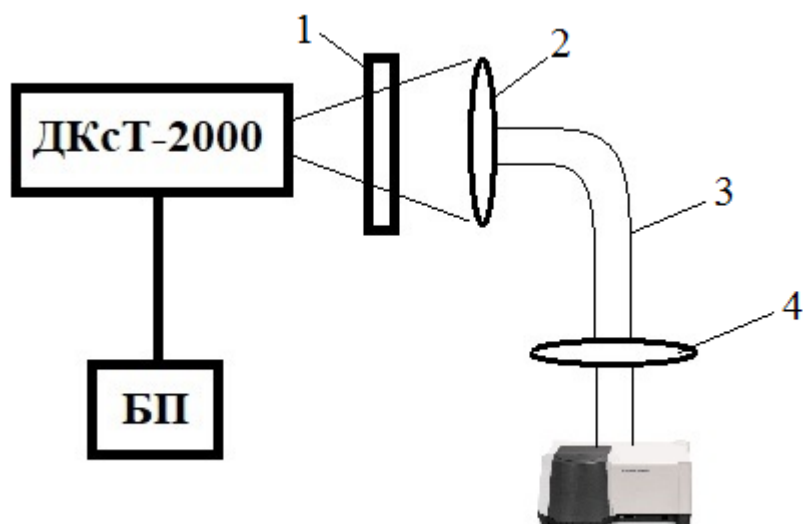


Рисунок 2.4 - Схема измерения кинетики люминесценции хлореллы с помощью флуориметра Caгу Eclipse . 1- фильтр, 2,4 – линза, 2- световод.

3. Экспериментальные результаты

3.1. Анализ основных вариантов системы мониторинга

Один из основных элементов адаптивной системы облучения. Мониторинг может быть реализован двумя способами.

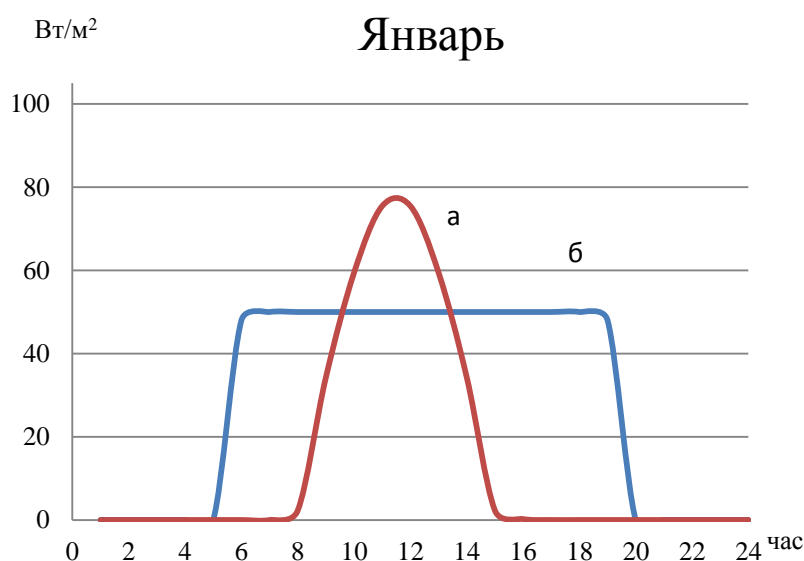
3.1.1. Мониторинг на основе измерений потоков солнечной радиации

Самый «простой» алгоритм управления – сравнение падающих фитопотоков солнечной радиации с заложенными в «базе данных»[48]. По этому способу адаптивная система облучения растений должна обеспечивать работу в автоматическом режиме, при этом.

- определять уровень ФАР солнечной радиации по потоку;
- считывать из базы данных необходимые режимы работы фитосветильника;
- устанавливать режимы работы фитосветильника по световому потоку и спектру излучения;

- корректировать режим работы фитосветильника в соответствии с изменениями уровня ФАР и данными из базы данных.

Нами сделан анализ возможностей такой системы мониторинга с использованием результатов измерений потоков солнечной радиации в различные времена суток и в различные месяцы при различных погодных условиях.



На рисунке 3.1 - Динамика прямой солнечной радиаций (Вт/м²) на горизонтальную поверхность при ясном небе и динамика требуемых параметров облучения огурца в течении дня в январе в г. Томск:

а) Динамика прямой солнечной радиации;

б) динамика необходимой для растений радиации[48].

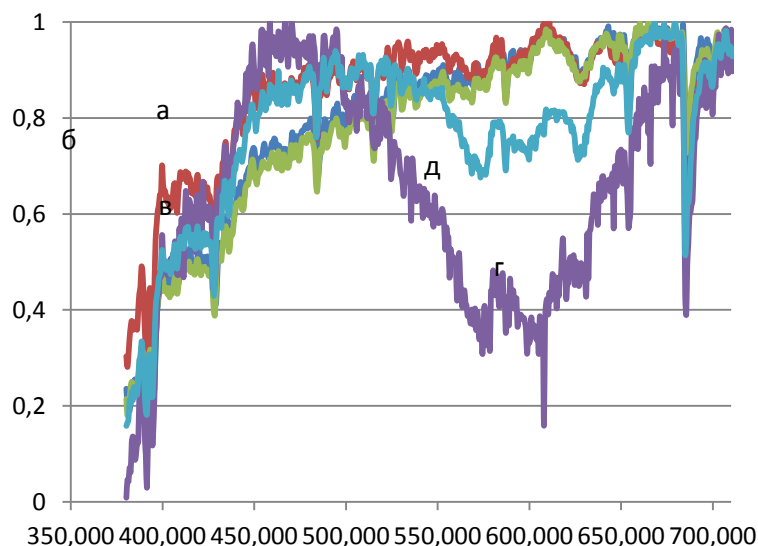


Рисунок 3.2 – Нормированные спектры прямой солнечной радиации в разное время суток и при разных погодных условиях
а) ясная погода (13.00 ч); б) облачность (13.00 ч); в) малая облачность (13.00 ч); г) закат (19.00 ч); д) восход (6.00 ч)

На рисунке 3.2, показаны спектры излучения солнца в г. Томске, измеренные нами при различных погодных условиях и в различное время суток в апреле [50]. Наибольшая разница наблюдается в спектрах СР, измеренных утром, днем и вечером. Как известно [51] эти отличия связаны с поглощением и рассеянием излучения при его прохождении через атмосферу. Поскольку длины путей солнечных лучей в атмосфере утром (вечером) и днем сильно отличаются, то это приводит к значительным изменениям в спектре СР на поверхности земли.

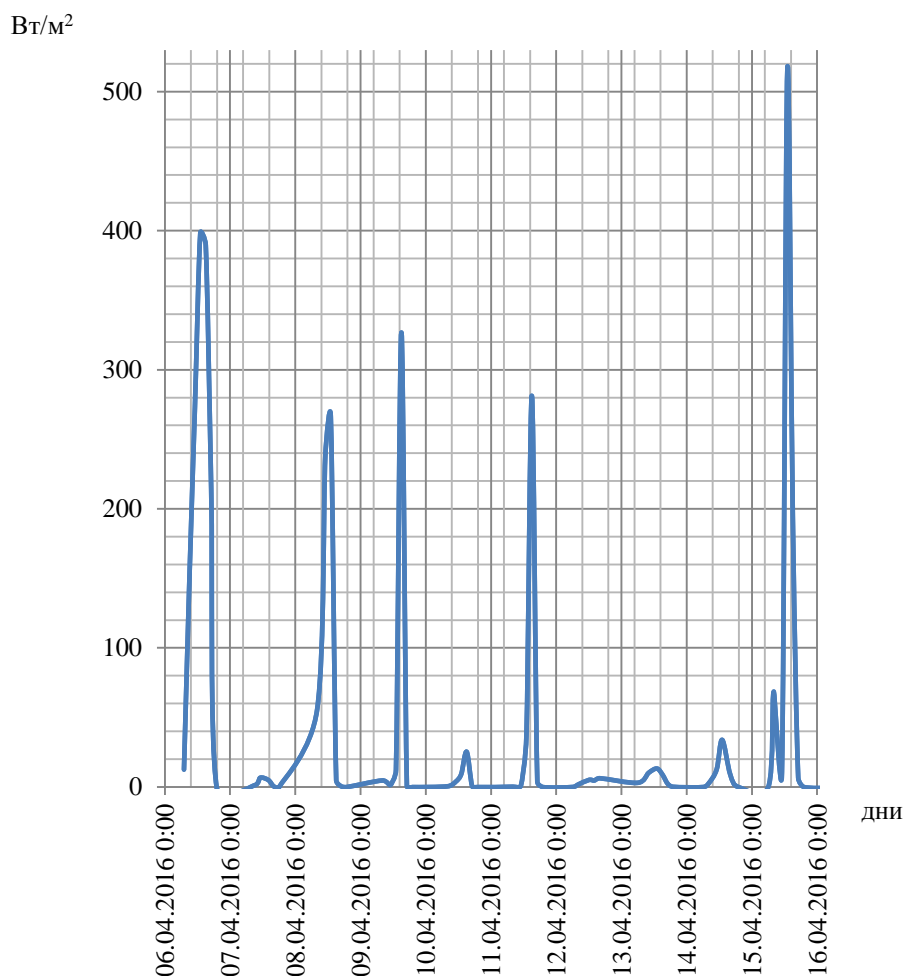


Рисунок 3.3– Динамика активности солнечной радиации при различных погодных условиях с 6.04.16. по 16.04.16. в г. Томск

Динамику активности солнечной радиации при различных погодных условиях демонстрирует рисунке 3.3.

В ясную погоду падает прямая солнечная радиация. В пасмурную погоду весь свет диффузно рассеян. Облученность в пасмурную погоду может составлять от 1/6 для легких облаков до 1/1000 для грозowych туч по сравнению с ясным небом.

Таким образом, в зимнее время доля досветки должна быть очень высоаой. В летнее время необходимо оперативно управлять потоками ФАР из-за сильного изменения потоков в зависимости от погодных условий.

Поэтому этот способ организации обратной связи в системе управления должен быть обязательным. Отметим, что это наиболее оперативная и основная система обратной связи.

Выбор датчика ФАР

Таким образом анализ солнечной радиации свидетельствует о том, что датчик ФАР должен обеспечивать измерение в теплице только текущих значений фитопотоков солнечной радиации, но не спектров излучения в области растительного покрова (или других выбранных местах). Датчик ФАР должен проводить измерение интегрального потока ФАР в диапазоне (380-750 нм) в $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{сек}$ (допускается $\text{Вт}/\text{м}^2$) с точностью не менее 5%.

Требования к показателям точности, средствам измерений, вспомогательным устройствам и условиям проведения измерений – определяются по ГОСТ 23198-94 и ГОСТ 25024.7-90.

Датчик ФАР должен иметь цифровой интерфейс для передачи данных в систему управления, со скоростью не ниже 112 кБит/сек. И периодом опроса датчиков системы мониторинга - не реже 1 раза в 5 секунд.

Класс защиты от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0-75 (2001).

Климатическое исполнение – ОЗ по ГОСТ 15150-69

Условия хранения в соответствии с группой Ж2 по ГОСТ 15150-90

Степень защиты от воздействия окружающей среды по ГОСТ 14254-95 - IP65.

В качестве такого датчика может быть использован косинус-скорректированный квантовый микродатчик MQS-B



Рисунок 3.4 - Косинус-скорректированный квантовый микродатчик
MQS-B

Косинус-скорректированный квантовый микродатчик MQS-B представляет собой датчик, измеряющий фотосинтетически активную радиацию (ФАР) (диапазон 400 – 700 нм). Датчик дает информацию о величине плотности фотосинтетического фотонного потока (photosynthetic photon flux density, PPFD), представляющего собой поток фотонов, попадающих на поверхность листа с одной стороны, где лучи, не перпендикулярные поверхности листа вносят лишь вклад, выражаемый косинусом их угла к нормали поверхности. PPFD измеряется в единицах $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

В данном датчике применен пластиковый диффузор для снижения ошибки углового отклика до уровня не более 4% при углах от -80° до 80° . Датчик MQS-B состоит из собственно косинус-скорректированного датчика освещенности, а также включает в себя кабель длиной 3 м и коннектор типа BNC, который позволяет подключать датчик к регистратору данных ULM-500 и другим подобным приборам.

Микродатчик MQS-B также доступен в версиях US-MQS/B и US-MQS/WB.

Датчик US-MQS/B включает в себя усилитель со встроенной батареей и датчик MQS-B. Данный датчик предназначен для подключения к импульсному флуориметру (через вход AUX). Адаптер MQS-B/A в комплекте.



Рисунок 3.5 - Датчик US-MQS/B

Датчик US-MQS/WB включает в себя усилитель и датчик MQS-B. Коннектор датчика US-MQS/WB такой же как у зажима листа 2030-B. Датчик US-MQS/WB может быть подключен к следующим приборам: WATER-PAM (оптоволоконная версия WATER-EDF), MULTI-COLOR-PAM (в качестве внешнего датчика освещенности), PAM-2500 (вместо зажима листа), MINI-PAM (вместо зажима листа). Адаптер MQS-B/A в комплекте.



Рисунок 3.6 - Датчик US-MQS/WB

Таблица 3.1 - Технические характеристики датчика US-SQS/L

Материал диффузора	Perspex
Выходной сигнал	-2 μA / (1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Угловая зависимость	ошибка < 4 % между углами -80° - $+80^\circ$ от нормали оси.
Диапазон рабочих температур	- 5 $^\circ\text{C}$ - + 45 $^\circ\text{C}$
Размеры	высота 16 мм, диаметр 14 мм, диаметр диффузора 5,5 мм
Вес	32 г

3.1.2. Мониторинг на основе оптических методов контроля состояния растений

В основе любой системы управления лежат сигналы. В нашем случае должны быть оптические сигналы, которые с помощью приемников преобразуются в электрические. Проблема в выборе и регистрации сигналов от растения, который преобразуется в оптический. Цепочка такая: оптический сигнал – фотохимический сигнал – оптический – электрический.

В качестве основы управления могут быть взяты оптические характеристики растений, например, поглощение, отражение или люминесценция. Основная задача в том, что необходимо установить связь между этими параметрами и скоростью фотосинтеза.

3.2. Анализ возможности использования спектров отражения для контроля состояния растений

К настоящему времени подробно изучены спектры поглощения и отражения хлорофилла и других пигментов в растениях. Показано, что на основе значений этих характеристик можно судить о процессах фотосинтетической активности (связанной, как правило, с фитомассой растительности). По спектрам поглощения хлорофилла определяют его количество в листе. Большой популярностью пользуются «индексы вегетации», которые вычисляются на основе измеренных спектров отражения листьев

растений. Наиболее популярным является индекс NDVI может быть рассчитан на основе измерений спектров отражения в красном (0,55-0,75 мкм) и инфракрасном диапазоне (0,75-1,0 мкм)[52].

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (3.1)$$

В настоящее время разработаны методики и созданы приборы для определения по спектрам поглощения и отражения листьев растений количества накапливаемого хлорофилла в растениях и исследования ряда процессов в растении, которые зависят от внешних условий.

Анализ показывает, что такой метод контроля состояния развития растений пока может быть использован только в качестве дополнительного способа. Как показали исследования, использование спектров отражения – не оперативный метод и с его помощью можно осуществлять корректировку через определенные промежутки времени [52].

3.2.1. Анализ возможности использования люминесценции растений для контроля их состояния

Результаты известных к настоящему времени мировых исследований позволяют с уверенностью говорить о перспективности такого подхода. Например, возбужденный хлорофилл теряет поглощенную энергию излучения на фотосинтез (фотохимические преобразования энергии или фотохимическое тушение), в тепло в результате нефотохимического тушения, или излучение флуоресценции. Поскольку все эти процессы конкурируют друг с другом, анализируя флуоресценцию хлорофилла, можно получить представления об интенсивности фотосинтеза и «здоровье» растения.

Закономерности люминесценции растений описаны в обзоре. Кинетика люминесценции в зависимости от длительности и интенсивности падающего

излучения носит сложный характер, который определяется сложными процессами транспорта электронных возбуждений (электронов) в фотосинтетическом аппарате растения.

В настоящее время учеными всего мира оптическими методами активно изучаются процессы, происходящие в фотосинтетическом аппарате растений, в том числе механизмы, вызывающие стрессовые состояния из-за многих внешних факторов. Эти исследования носят преимущественно фундаментальный характер. Исследований, направленных на выявление реакции растений на изменения количества и качества падающей радиации, которые можно было бы использовать в качестве сигналов обратной связи в адаптивных системах облучения растений, не установлено.

3.2.2. Спектры люминесценции и возбуждения люминесценции хлореллы

Измерения производились при 300 К с помощью спектрофлюориметра Cary Eclipse [49].

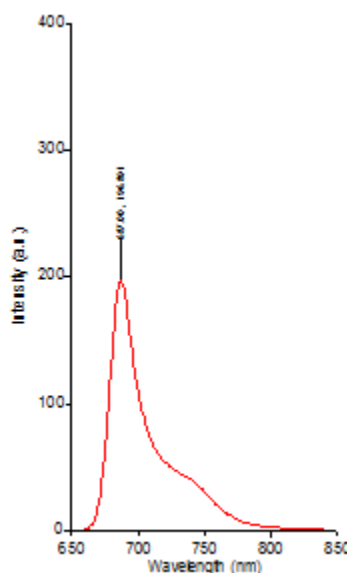


Рисунок 3.7 - Спектр люминесценций при возбуждении светом с $\lambda=450\text{nm}$ (возбуждение - шель 10 нм, эмиссия - шель 10 нм)[49].

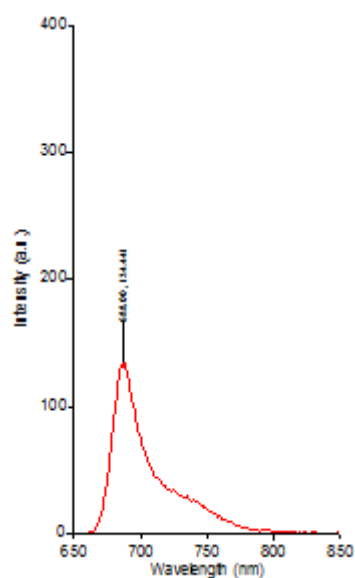


Рисунок 3.8 - Спектр люминесценций при возбуждении светом с $\lambda = 650\text{nm}$ (возбуждение - шель 10 нм, эмиссия - шель 10 нм)[49].

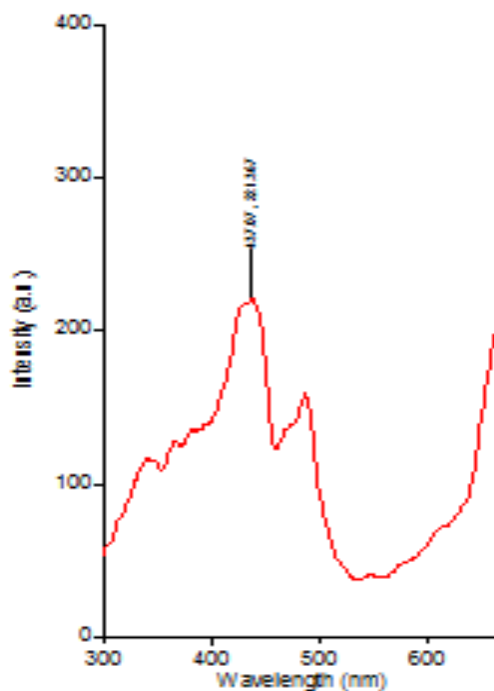


Рисунок 3.9 - Спектр возбуждения люминесценций при $\lambda = 690\text{nm}$ (возбуждение - шель 10 нм, эмиссия - шель 10 нм)[49].

Спектры люминесценции типичны для люминесценции молекул хлорофилла и состоят из двух полос. Спектры возбуждения также типичны и показывают спектры поглощения различными пигментами [49].

3.2.3. Кинетика люминесценции хлореллы

Для исследования характера реакции фотолюминесценции хлореллы на изменения светового потока с различным спектральным составом использовались источники актиничного излучения на основе ксеноновой лампы. Спектры излучения источников, измеренные с помощью оптоволоконного спектрометра фирмы Авантес показаны на рисунке 3.10,3.11.

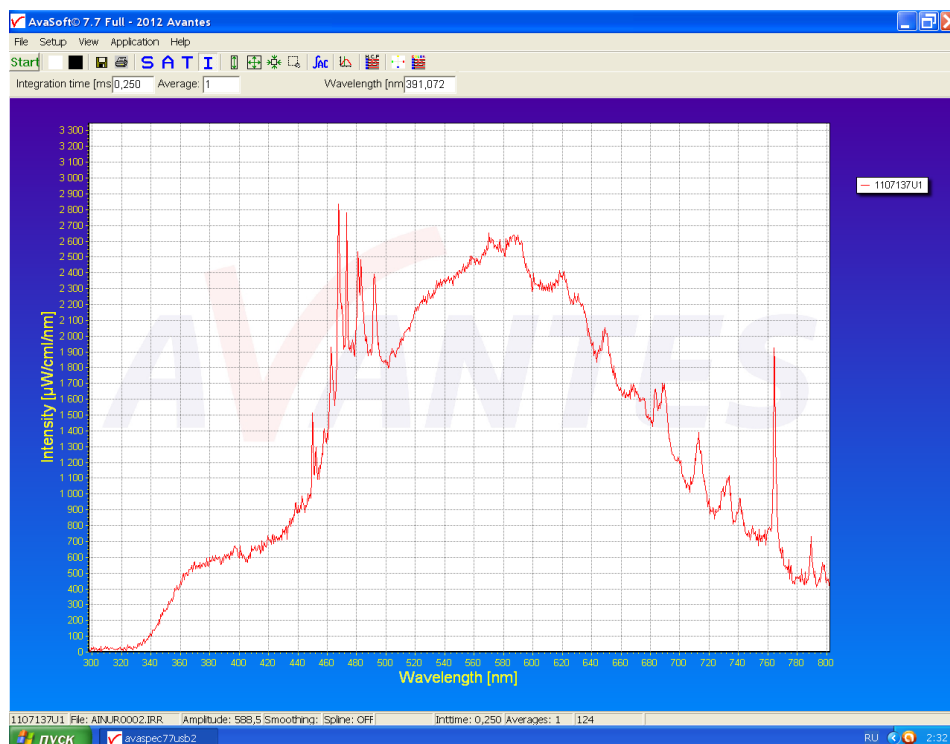


Рисунок 3.10 - Спектр излучение ксеноновой лампы через фильтры ОС-6 + СЗС-16

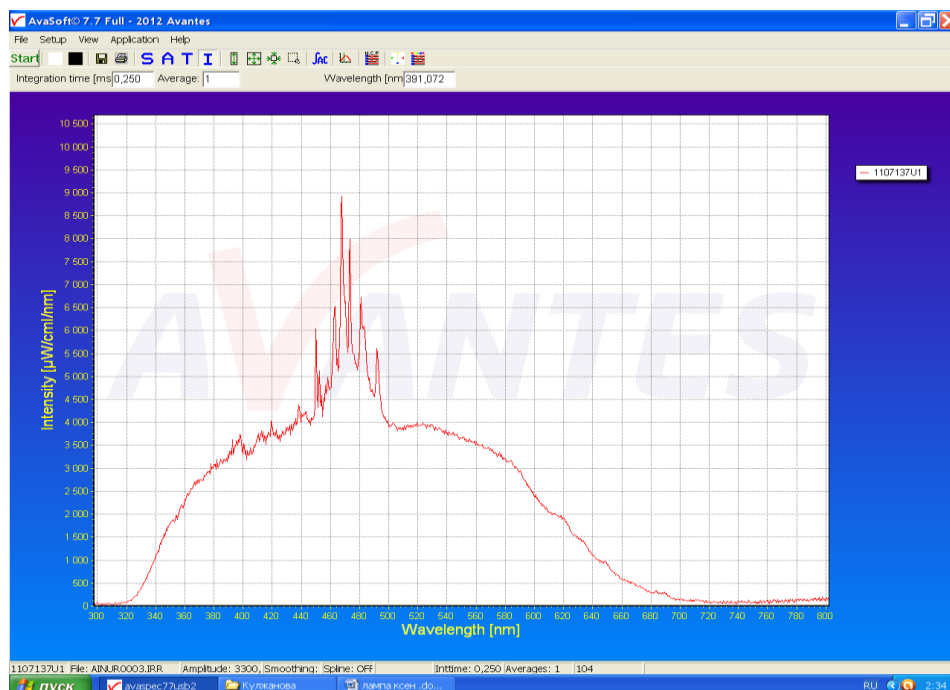


Рисунок 3.11 - Спектр излучение ксеноновая лампа синий через фильтр
СЗС-22

Результаты исследований показаны на рисунке 3.12...3.26.

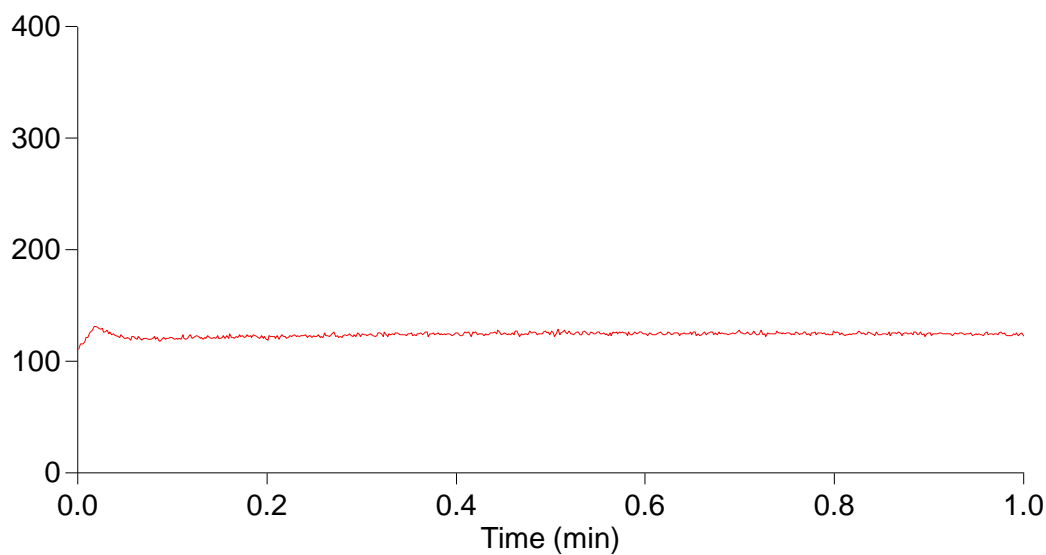


Рисунок 3.12 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 680\text{nm}$ (шель 5),
возбуждение $\lambda = 440\text{ nm}$ (шель 5)

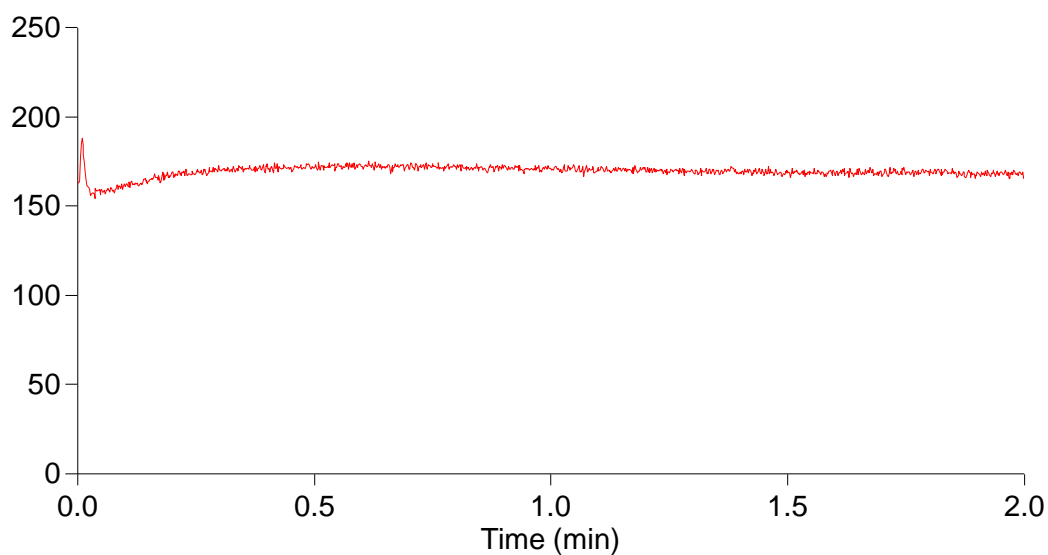


Рисунок 3.13 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 680\text{нм}$ (шель 20),
возбуждение $\lambda = 440\text{ нм}$ (шель 2,5)

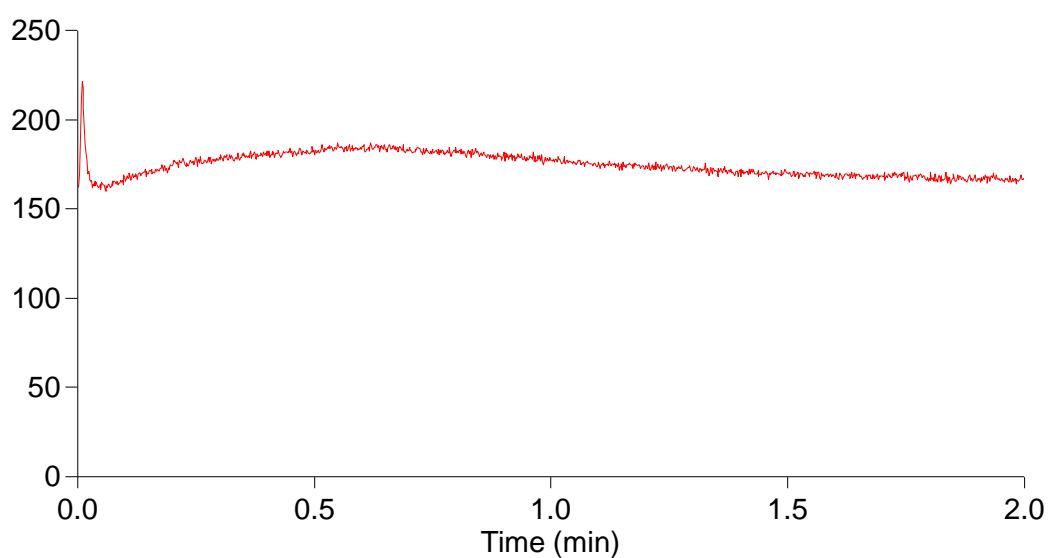


Рисунок 3.14 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 680\text{нм}$ (шель 2,5),
возбуждение $\lambda = 440\text{ нм}$ (шель 20) (световод и ксеноновая лампа) после
выдержки в темнот 5 мин

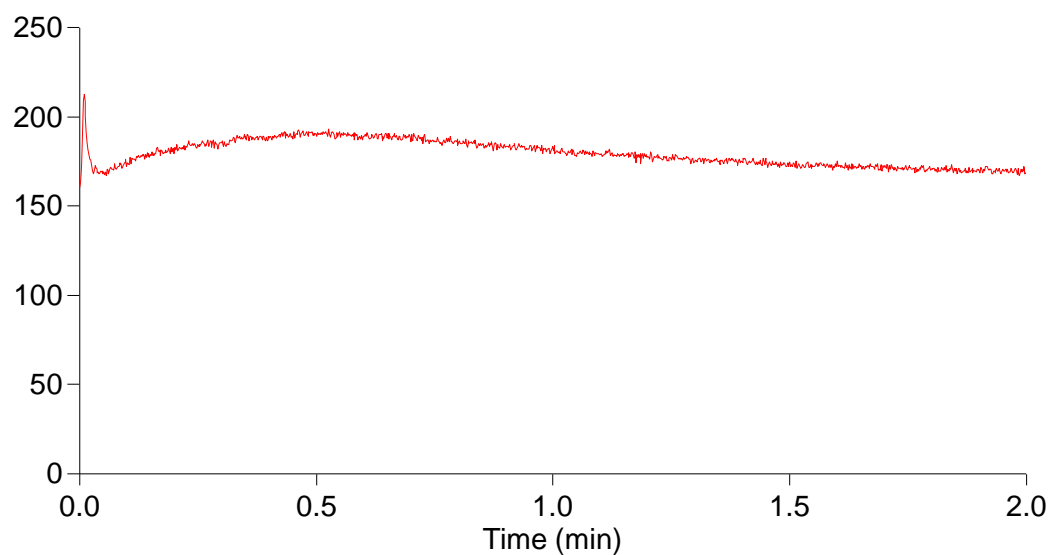


Рисунок 3.15 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 680\text{nm}$ (шель 2,5), при подсветке через световод, возбуждение $\lambda = 440\text{ nm}$ (шель 20)

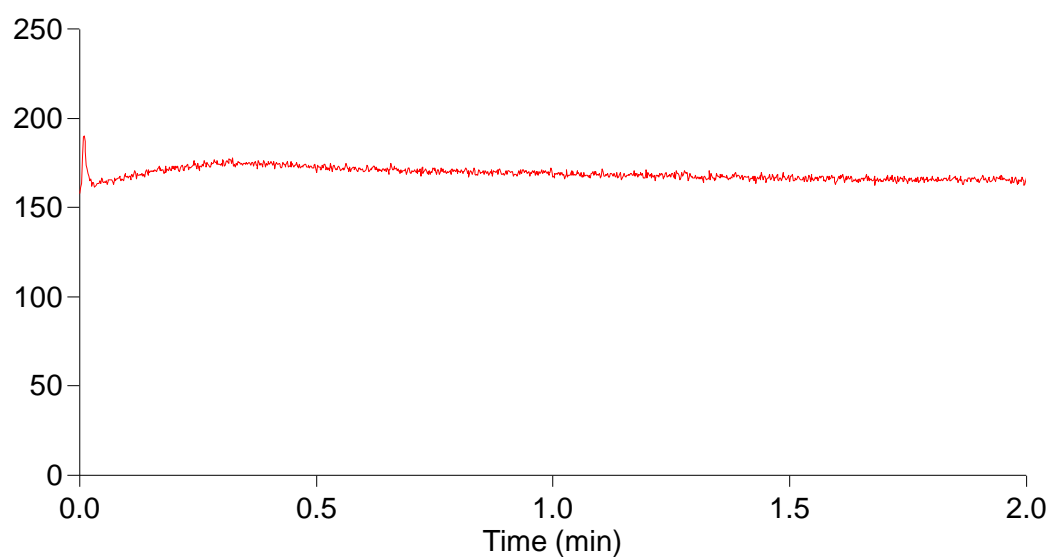


Рисунок 3.16 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 680\text{nm}$ (шель 20), при подсветке через световод, возбуждение $\lambda = 440\text{ nm}$ (шель 2,5)

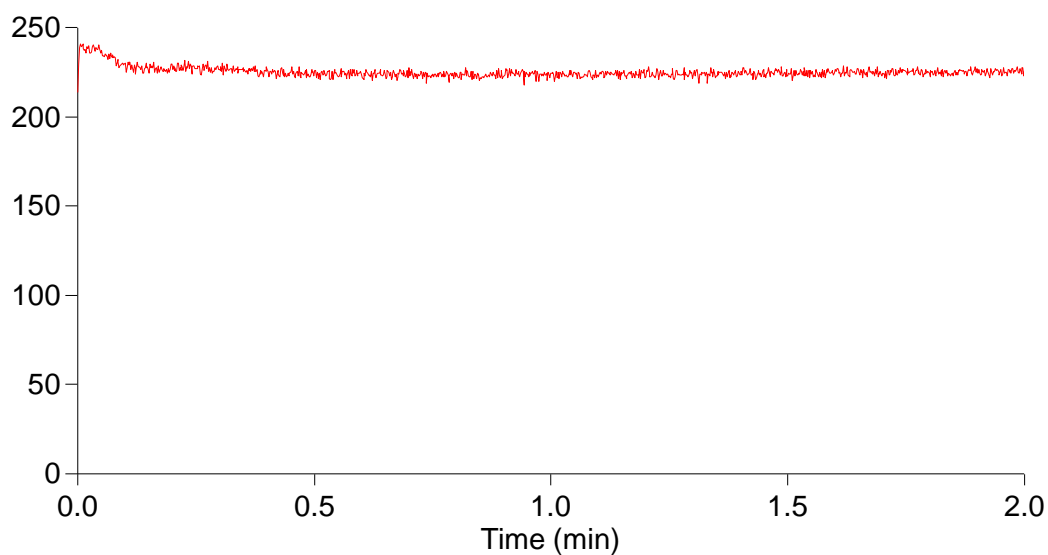


Рисунок 3.17 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 680\text{nm}$ (шель 20), при подсветке без фильтра и без световода всем спектром лампы, возбуждение $\lambda = 440\text{ nm}$ (шель 2,5)

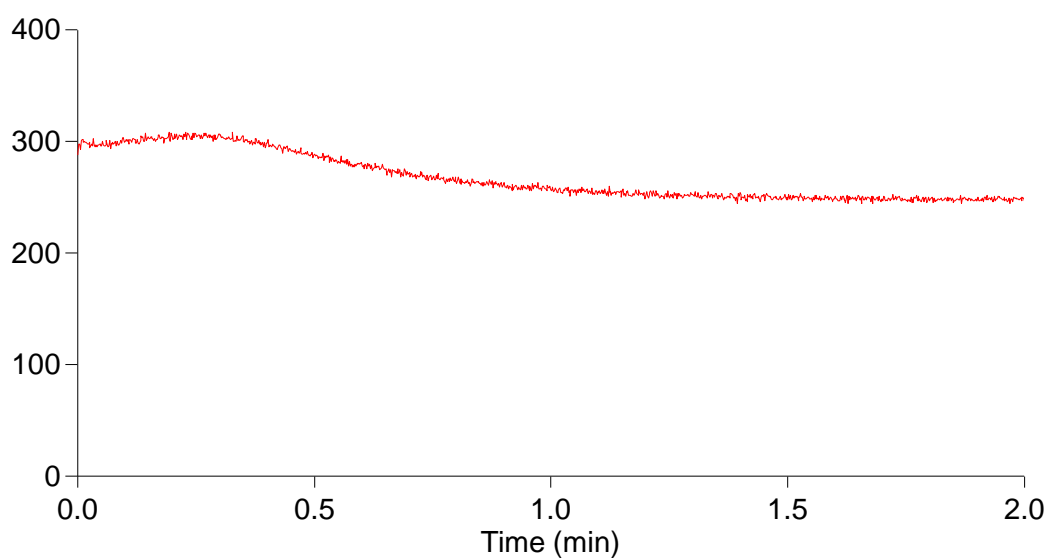


Рисунок 3.18 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 680\text{nm}$ (шель 20), при подсветке более мощным светом без световода, возбуждение $\lambda = 440\text{ nm}$ (шель 2,5)

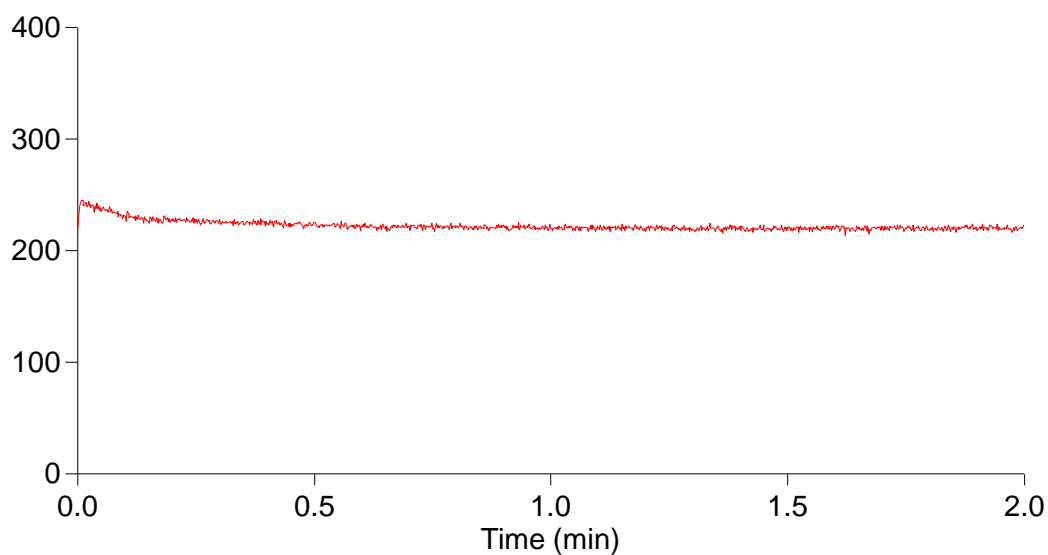


Рисунок 3.19 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 680\text{nm}$ (шель 20), без подсветки после выдержке в темноте 20мин , возбуждение $\lambda = 440\text{ nm}$ (шель 2,5)

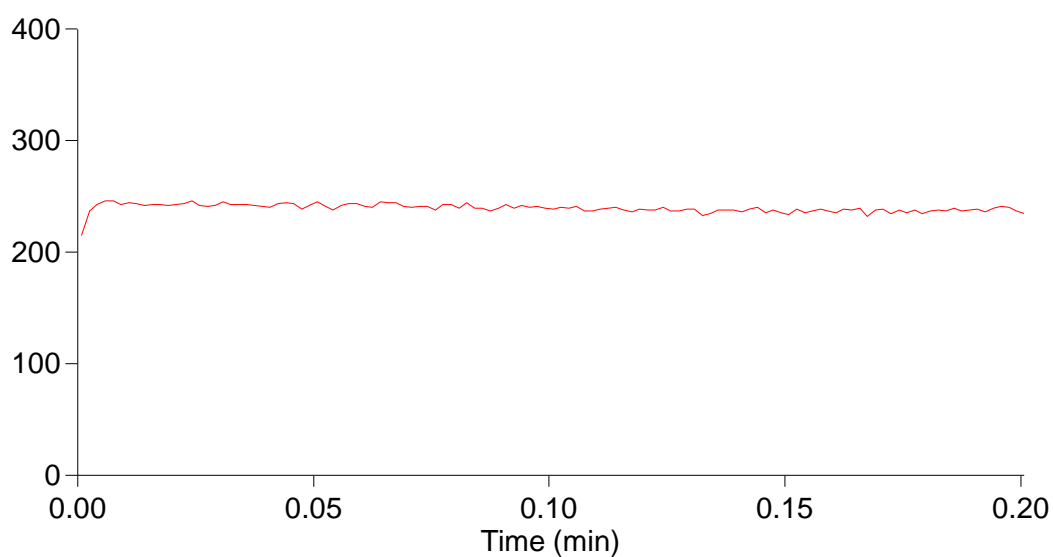


Рисунок 3.20 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 680\text{nm}$ (шель 20), без подсветки после выдержке в темноте 25мин, возбуждение $\lambda = 440\text{ nm}$ (шель 2,5), начальная стадия кинетики

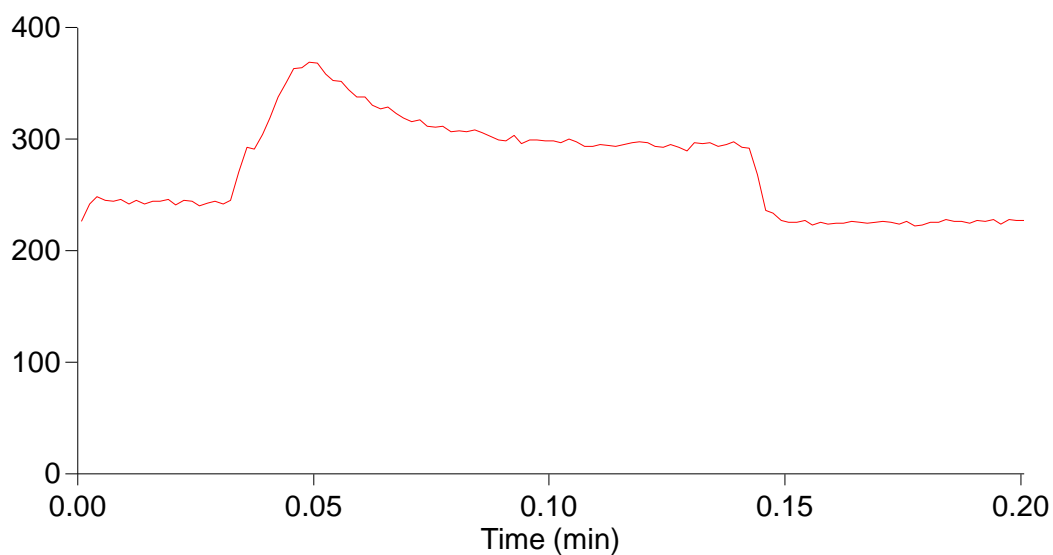


Рисунок 3.21 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 680\text{nm}$ (шель 20), после выдержке в темноте при подсветке в процессе измерения кинетики, возбуждение $\lambda = 440\text{ nm}$ (шель 2,5), начальная стадия кинетики

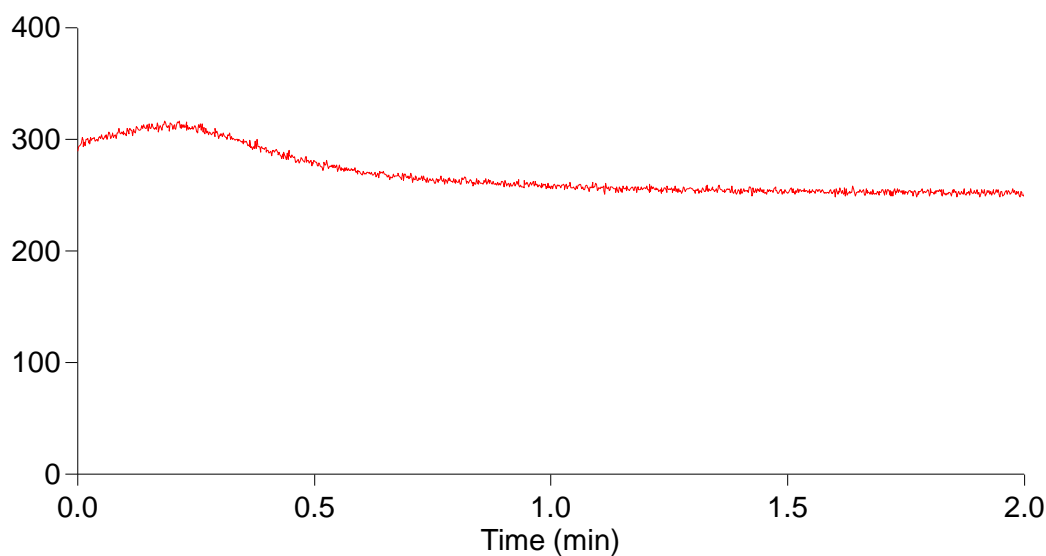


Рисунок 3.22 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 680\text{nm}$ (шель 20), после выдержке в темноте при постоянный подсветке, возбуждение $\lambda = 440\text{ nm}$ (шель 2,5)

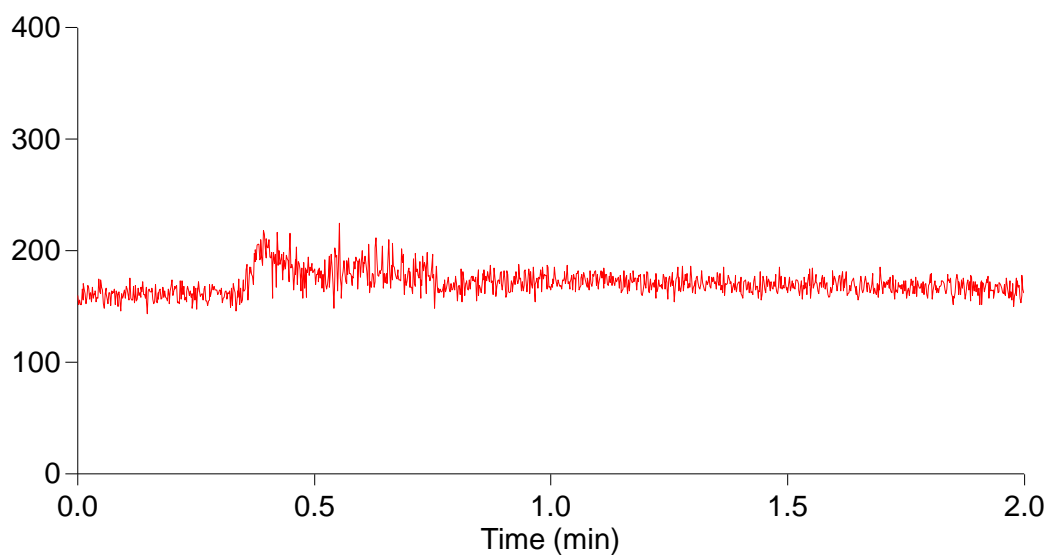


Рисунок 3.23 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 650\text{нм}$ (шель 20), после выдержке в темноте при подсветке в процессе измерения кинетики через фильтр ЖС - 17, возбуждение $\lambda = 440\text{ нм}$ (шель 2,5)

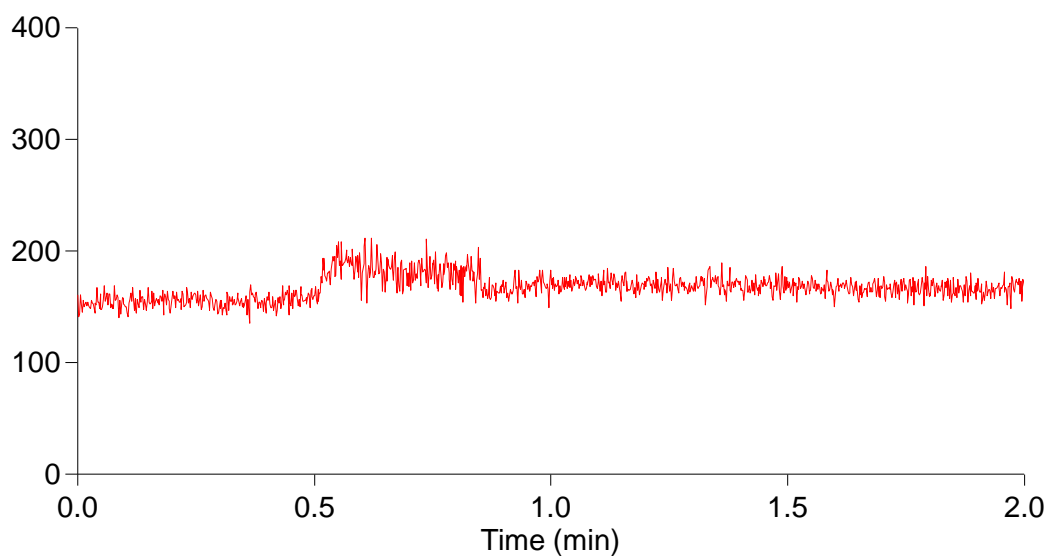


Рисунок 3.24 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 650\text{нм}$ (шель 20), после выдержке в темноте при подсветке в процессе измерения кинетики через фильтр СЗС – 20(синий), возбуждение $\lambda = 440\text{ нм}$ (шель 2,5)

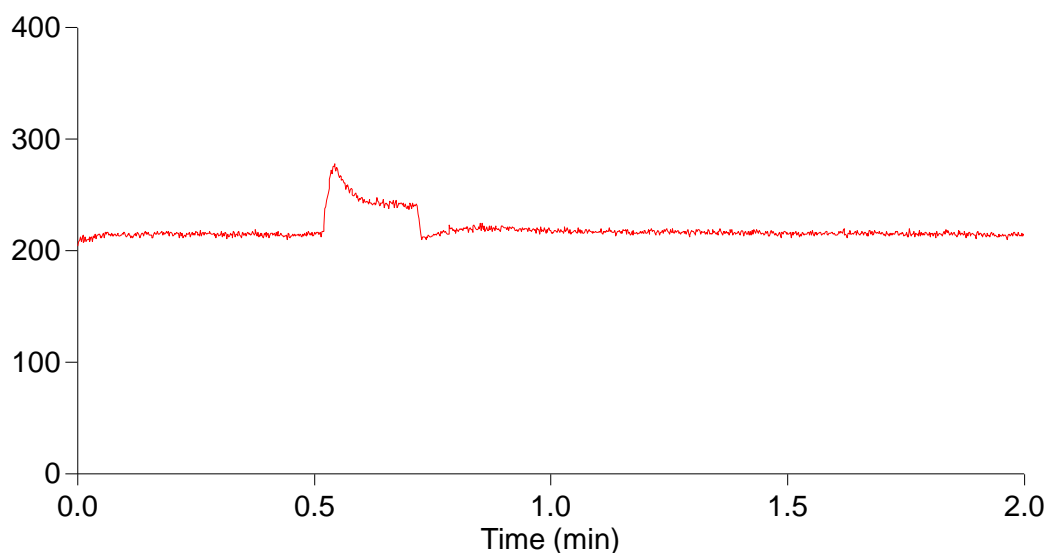


Рисунок 3.25 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 680\text{нм}$ (шель 20), после выдержке в темноте при подсветке в процессе измерения кинетики через фильтр СЗС-20, возбуждение $\lambda = 440\text{ нм}$ (шель 2,5)

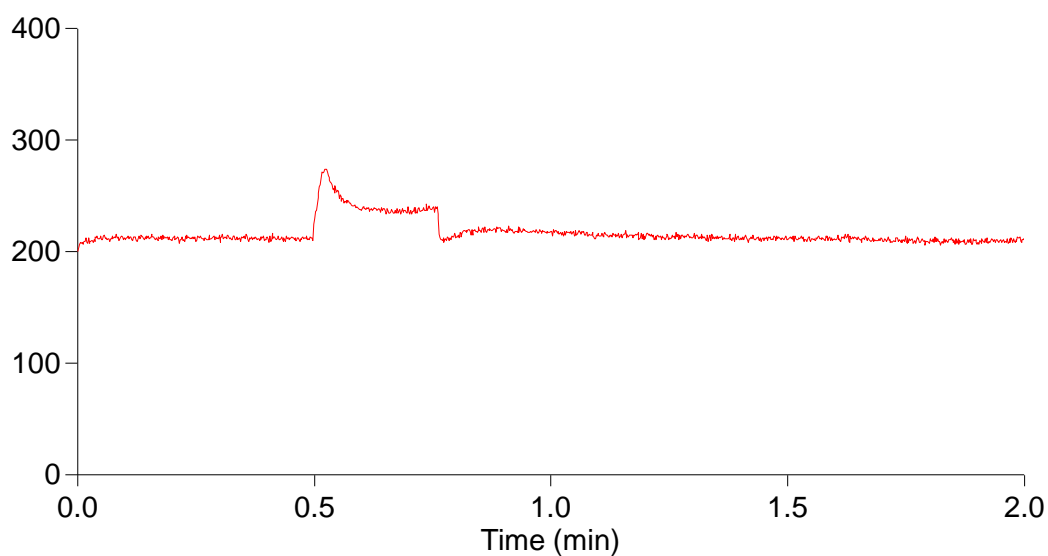


Рисунок 3.26 - Кинетика люминесценции при $\lambda = 680\text{нм}$ (шель 20), после выдержке в темноте при подсветке в процессе измерения кинетики через фильтр ЖС-17, возбуждение $\lambda = 440\text{ нм}$ (шель 2,5)

Из представленных результатов исследований видно, что интенсивность люминесценции и вид кинетики очень сильно зависят от уровня засветки

(актиничного излучения) растений. Особенно наглядно это демонстрируют результаты, показанные на рисунках 3.21., 3.25 и 3.26.

Заметно также, что на характеристики люминесценции оказывает влияние спектральный состав актиничного излучения.

Как показали исследования закономерности кинетики люминесценции хлореллы в зависимости от длительности и интенсивности падающего излучения носят сложный характер. Этот характер определяется сложными процессами транспорта электронных возбуждений (электронов) в фотосинтетическом аппарате растения. Однако можно с полной уверенностью говорить о том, что люминесценция может быть использована для контроля за процессом фотосинтеза в растениях.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ5А	Кулжанова Айнур Батырхановна

Институт	ИФВТ	Кафедра	ЛИСТ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	12.04.02 «Оптотехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

1. Стоимость ресурсов исследования (НИ): материально-технических; энергетических; финансовых; человеческих; 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов; 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.	Работа с информацией представленной в российских и иностранных научных публикациях аналитических материалах статистических бюллетенях и изданиях нормативно – правовых документах; наблюдение.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета
---	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Иерархическая структура работ проекта 2. Диаграмма Ганта 3. Оценка экономической эффективности НИ
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Петухов Олег Николаевич	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ5А	Кулжанова Айнур Батырхановна		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Объектом исследования настоящей работы являются разработка методики контроля процессов роста и развития растений. Исследованы динамика активности солнечной радиации в г. Томск. Работа направлена на создание системы мониторинга солнечной радиации и является частью работ по созданию адаптивных облучательных установок в теплицах. Потенциальными потребителями результатов исследования являются – Горзелехоз города Томска, индивидуальные предприниматели, фермеры, производители овощной продукции и зелени.

4.2 Инициация проекта

Таблица 4.1 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Потенциальные потребители продукции: - Предприятия АПК России и стран СНГ - промышленные производители овощей и зелени в закрытом грунте - Крестьянские (фермерские) хозяйства, индивидуальные предприниматели – фермеры, производители овощной продукции и зелени. - Жители городов, ведущие активный образ жизни: садоводы - любители, пенсионеры. - Исследователи, селекционеры - Университет, исполнитель	Такая продукция становится все более востребованной на рынке светотехнической продукции из-за ее энергоэффективности, экологической безопасности, возможностей повышения урожайности, большого ресурса источников излучения, возможности применения в теплицах любого типа и даже в домашних условиях.

В табл. 4.2 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.2 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка системы мониторинга спектрального состава и фитопоток в теплицах (источник сигналов обратной связи в адаптивных СО)
Ожидаемые результаты проекта:	должна обеспечивать в режиме реального времени: - измерение в теплице текущих значений фитопоток и параметров спектра излучения (или соотношения фитопоток в разных областях спектра) создаваемых всеми видами источников излучения (включая солнце).
Требования к результату проекта:	Требование:
	Документальная оформленная методика

Состав группы проекта по разработке методики представлен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Рабочая группа проекта

№	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1	Корепанов В.И., д.ф.-м.н. ТПУ лаб. «№036»	Руководитель (Научный руководитель)	Предоставление заданий; консультации; обсуждение результатов, диссертации
2	Кулжанова А.Б. магистрант группы 4ВМ5А	Исполнитель (Магистрант)	Проведение экспериментов, обработка результатов, написание ВКР

Ограничения и допущения НТП представлены в таблице 4.4

Таблица 4.4 – Ограничения НТП

№	Фактор	Ограничение
1	Бюджет проекта	10000 тыс.руб.
2	Источник финансирования	
3	Сроки проекта:	2017 г
4	Дата утверждение плана управление проектом	
5	Дата завершение проекта	2017 г

4.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный план проекта. Линейный график представлен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Календарный план проекта














Код работы (и ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1.1	Составление и утверждение темы диссертации	5	1.02.17	5.02.17	Руководитель
1.2	Анализ актуальности темы	3	6.02.17	8.02.17	Рук.-студ.

Продолжение таблицы 4.5

2.1	Поиск и изучение материала по теме	4	9.02.17	13.02.17	Рук.-студ.
2.2	Выбор направления исследования	2	13.02.17	14.02.17	Руководитель
2.3	Календарное планирование работ	1	15.02.17	15.02.17	Руководитель
3.1	Изучение литературы по теме	20	16.02.17	13.03.17	Студент
3.2	Подбор нормативных документов	6	14.03.17	19.03.17	Рук.-студ.
3.3	Изучение экспериментальной методики	5	21.03.17	25.03.17	Студент
4.1	Спектр солнечной радиаций и динамика активности солнечной радиации в области ФАР в г. Томск	20	28.03.17	22.04.17	Рук.-студ.
4.2	Создания системы мониторинга адаптивных светодиодных облучательных установок для теплиц.	3	22.04.17	24.04.17	Рук.-студ.
5.1	Анализ результатов	5	25.04.17	29.04.17	Рук.-студ.
5.2	Заключение	3	4.05.17	6.05.17	Студент
<i>Итого:</i>		77			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. График приведен в таблице 4.6, с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 4.6 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

Код работы	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				февр.			март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1.1	Составление и утверждение темы диссертации	Руководитель	5												
1.2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	3												
2.1	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	4												
2.2	Выбор направления исследования	Руководитель	2												
2.3	Календарное планирование работ	Руководитель	1												
3.1	Изучение литературы по теме	Студент	20												
3.2	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	6												
3.3	Изучение экспериментальной методики	Студент	5												
4.1	Спектр солнечной радиаций и динамика активности солнечной радиации в области ФАР в г. Томск	Студ.-рук.	20							 					
4.2	Создания системы мониторинга адаптивных светодиодных облучательных установок для теплиц.	Рук.-студ.	3												
5.1	Анализ результатов	Студ.-рук.	5												
5.2	Заключение	Студент	3												

 – Студент;  – Руководитель.

4.3.1 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования (НТИ) должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

4.3.2 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Расчет стоимости материальных затрат производился по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включались транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). Результаты по данной статье приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага офисная	SvetoCopy, A4	150 листов	1,5	225
Картридж для принтера	Epson T0921, 250 стр.	1 шт	1090	1090
Интернет	Fibrenet, стандартный пакет	3 месяца	350	1050
Ручка	Простая	1 шт.	20	20
Тетрадь	96 листов	1 шт.	25	25
Всего за материалы				2410
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				120,5
Итого по статье C_m				2530,5

4.3.3 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15 % от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного научного проекта и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в виде амортизационных

отчислений. Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для выполнения конкретной темы, сведены в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	Спектрофотометр Avantest – AvaSpec-2048	1	150	173
2	Ноутбук Acer Aspire ES1-512-P2UC	1	20	23
3	Фотоаппарат Sony α500	1	20	23
Итого:				219

4.3.4 Основная заработная плата

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя, инженера и техника а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.(научный руководитель – по ВНС ДН ППС 4ПКГ в размере 33162 рублей, техника – по рук., спец. и. служб. 2.1. ПКГ в размере 14874 рублей).

Основная заработная плата научно-технического персонала определяется по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} \quad (4.3.1)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \dots\dots\dots (4.3.2)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней	119	119
- выходные дни	105	105
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени (дней)	199	223

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.3.3)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Данные для расчета:

Оклад у научного руководителя – 33162 руб., оклад у инженера 14874р.

Действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (руководитель – 199 дн., инженер – 223 дн.).

Коэффициент дополнительной заработной платы 15%

Районный коэффициент – 30%;

Определяем основную заработную плату для инженера:

$$З_{\text{он}} = \frac{14874 \cdot 11,2}{223} = 747 \text{ руб./день}$$

$$З_{\text{осн}} = 747 \cdot 69 = 51543 \text{ руб.}$$

Дополнительн

$$З_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 45569 = 7731 \text{ руб.}$$

ая заработная плата
инженера:

Итого затраты на оплату труда:

$$З_{\text{общ}} = 51543 + 7731 = 59274 \text{ руб.}$$

Общая сумма заработной платы с учетом районного коэффициента:

$$З_{\text{общ}} = 52404 \cdot 1,3 = 77057 \text{ руб.}$$

Теперь рассчитаем основную заработную плату *научного руководителя*:

$$З_{\text{он}} = \frac{33162 \cdot 10,4}{199} = 1733 \text{ руб./день}$$

$$З_{\text{осн}} = 1733 \cdot 49 = 84917 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата научного руководителя:

$$З_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 71056 = 12738 \text{ руб.}$$

Итого затраты на оплату труда:

$$З_{\text{общ}} = 84917 + 12738 = 97655 \text{ руб.}$$

Общая сумма заработной платы с учетом районного коэффициента:

$$З_{\text{общ}} = 97655 \cdot 1,3 = 126951 \text{ руб.}$$

Тогда, общая сумма затрат на заработную плату составит:

$$З_{\text{общ}} = 126951 + 77057 = 204008 \text{ руб.}$$

Расчет затраты на основную заработную плату сведен в таблицу 4.10.

Таблица 4.10 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад (руб.)	Средне- дневная заработная плата (руб./день)	Основная заработная плата (руб.)	Дополнитель- ная заработная плата (руб.)	Заработная плата с учетом районного коэффициента (руб.)
-------------	-----------------	--	---	--	---

1.Руководитель	33162	1733	84917	12738	126951
2. Инженер	14874	747	51543	7731	77057
Итого:					204008

4.3.5 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{общ}}, \quad (4.3.4)$$

$$C_{\text{внеб}} = 0,271 \cdot 204008 = 55286 \text{ руб}$$

где $k_{\text{внеб}}$ – 27,1 % коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.);

4.3.6 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.3.5)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов;

$$C_{\text{накл}} = 0,8 \cdot 204008 = 163206 \text{ руб.}$$

4.3.7 Расчет общей себестоимости проекта

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НТИ приведенной в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Группировка затрат по статьям

Статьи						
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
2530,5	219000	136460	20469	55286	163206	540530

4.4 Оценка эффективности исследования

Чтобы оценить экономическую эффективность разработанной методики сравним ее с аналогом. В настоящее время в тепличном хозяйстве используют искусственное освещение непрерывно 10-14 часов в день, независимо от метеоусловий. В разработанной нами методике искусственное освещение комбинируется с естественным освещением (солнечная радиация). Поток солнечной радиации падающий на растении может меняться в зависимости от метеоусловии. Искусственное освещение будет включаться только тогда, когда значение плотности потока солнечной радиации ниже необходимого для растений. Досветка источником искусственного освещения будет производиться, если солнечная радиация не обеспечивает необходимым значением потока. Однако нужно учитывать что, для получения полноценных растений при выращивании в условиях искусственного освещения необходимо определенное энергетическое соотношения энергии по спектру ФАР в растениеводческих лампах: 30% в синей (380-490 нм), 20% в зеленой (490-600) и 50% в красной области (600-700 нм) [19].

Для расчета эффективности разработанной методики в качестве примера приведены данные по потоку солнечной радиации за 8.04.16 в Томске. В этот

день метеоусловий были переменчивы (с 8:00 до 12:00 – ясная погода, с 13:00 – облачно, с 17:00 – дожди, в 19:00 – ясная погода, закат).

На основании полученных результатов при проведенном исследовании 8.04.16, ниже приведены данные по расчету досветки в синей (450 нм), зеленой (560 нм) и красной (670 нм) области спектра для огурца.

Данные по расчету досветки в синей области спектра (450 нм) сведены в таблицу 4.12.

Таблице 4.12 – Расчет досветки в синей области спектра (450 нм)

час	Солнечная радиация в синей области спектра (450 нм), Вт/м ²	Необходимый поток в синей области спектра (450 нм)	Досветка, Вт/м ²
8	11,79141	15	-3,20859
9	22,815	15	7,815
10	44,86	15	29,86
11	55,88822	15	40,88822
13	65,5542	15	50,5542
14	33,45	15	18,45
15	1,357369	15	-13,642631
16	0,74	15	-14,26
17	0,11692	15	-14,88308
18	0,067	15	-14,933
19	0,016306	15	-14,983694

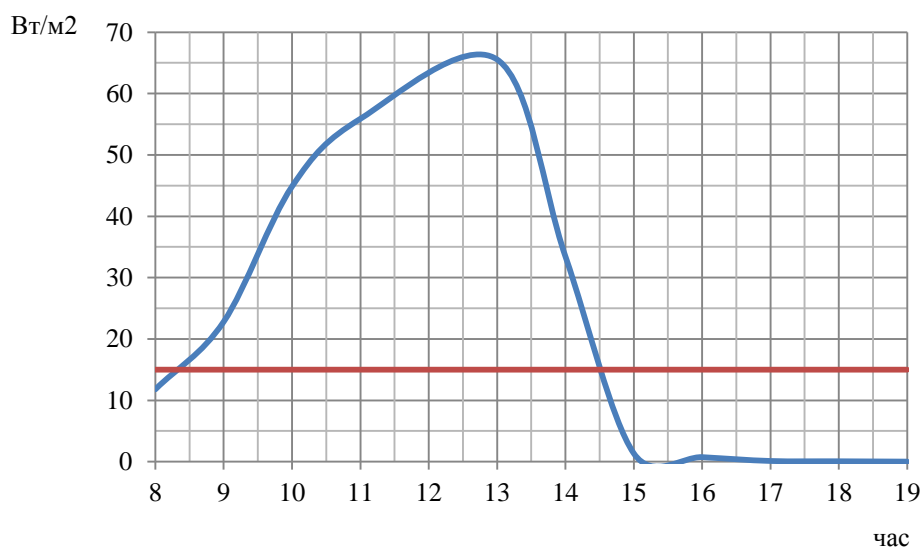


Рисунок 4.1 – Динамика активности солнечной радиации и досвечивания в зеленой области спектра за 8.04.16. в г. Томск

Данные по расчету досветки в зеленой области спектра (560 нм) сведены в таблицу 4.13.

Таблица 4.13 - Расчет досветки в зеленой области спектра

час	Солнечная радиация в зеленой области спектра (560 нм), Вт/м ²	Необходимый поток в зеленой области спектра (560 нм)	Досветка, Вт/м ²
8	18,31497	10	8,31497
9	33,6125	10	23,6125
10	64,22	10	54,22
11	79,52899	10	69,52899
13	88,70398	10	78,70398
14	45,17	10	35,17
15	1,643509	10	-8,356491
16	0,89	10	-9,11
17	0,137814	10	-9,862186
18	0,077	10	-9,923
19	0,015989	10	-9,984011

Данные по расчету досветки в красной области спектра (670 нм) сведены в таблицу 4.14.

Таблица 4.14 - Расчет досветки в красной области спектра

час	Солнечная радиация в красной области спектра (670 нм), Вт/м ²	Необходимый поток в красной области спектра (670нм)	Досветка, Вт/м ²
8	21,24131	25	-3,75869
9	38,54	25	13,54
10	75,14	25	50,14
11	90,44787	25	65,44787
13	98,96787	25	73,96787
14	50,36	25	25,36
15	1,744548	25	-23,255452
16	0,947	25	-24,053
17	0,149994	25	-24,850006
18	0,087	25	-24,913
19	0,024001	25	-24,975999

Чтобы оценить экономическую эффективность разработки, нужно вычислить расход на электроэнергию за один день для разработанной методики и при непрерывном облучении (50 Вт/м²) источником искусственного освещения.

Рассчитаем расход на электроэнергию при непрерывном облучении (50 Вт/м²):

$$50 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot 1 \text{ м}^2 = 50 \text{ кВт}$$

$$0,05 \text{ кВт} \cdot 12 \text{ ч} = 0,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$0,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 4,63 \text{ руб} = 2,778 \text{ руб}$$

Расход на электроэнергию за один день при непрерывном облучении (50 Вт/м²) равна 2,778 рубль.

Рассчитаем расход на электроэнергию для разработанной методики. Расход для досветки с 8:00 до 9:00:

$$6,97 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot 1 \text{ м}^2 = 0,00697 \text{ кВт}$$

$$0,00697 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ ч} = 0,00697 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$0,00697 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 4,63 \text{ руб} = 0,032 \text{ руб}$$

Расход для досветки с 15:00 до 16:00:

$$45,255 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot 1 \text{ м}^2 = 0,045255 \text{ кВт}$$

$$0,045255 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ ч} = 0,045255 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$0,045255 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 4,63 \text{ руб} = 0,209 \text{ руб}$$

Расход для досветки с 16:00 до 17:00:

$$47,42 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot 1 \text{ м}^2 = 0,04742 \text{ кВт}$$

$$0,04742 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ ч} = 0,04742 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$0,04742 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 4,63 \text{ руб} = 0,22 \text{ руб}$$

Расход для досветки с 17:00 до 18:00:

$$49,6 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot 1 \text{ м}^2 = 0,0496 \text{ кВт}$$

$$0,0496 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ ч} = 0,0496 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$0,0496 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 4,63 \text{ руб} = 0,23 \text{ руб}$$

Расход для досветки с 18:00 до 19:00:

$$49,77 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot 1 \text{ м}^2 = 0,04977 \text{ кВт}$$

$$0,04977 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ ч} = 0,04977 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$0,04977 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 4,63 \text{ руб} = 0,23 \text{ руб}$$

Расход для досветки с 19:00 до 20:00:

$$49,94 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot 1 \text{ м}^2 = 0,04994 \text{ кВт}$$

$$0,04994 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ ч} = 0,04994 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$0,04994 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 4,63 \text{ руб} = 0,231 \text{ руб}$$

Расход на электроэнергию для досветки за один день равна 1,15 рубль. Если сравнить расходы на электроэнергию для разработанной методики (1,15 руб./день) и при непрерывном облучении (2,778 руб./день), видно что расходы при использовании разработанной методики почти в 2,5 раза меньше.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4BM5A	Кулжановой Айнуре Батырхановне

Институт	ИФВТ	Кафедра	ЛИСТ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	12.04.02 «Оптотехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Методики контроля фитопоток в теплицах на основе применение квантовых датчиков
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	1. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе; 2. Превышение уровней шума и вибрации; 3. Электрический ток. 4. Недостаточная освещенность
2. Экологическая безопасность – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);	Утилизация вышедших из строя батарей, защита литосферы от светодиодных светильников
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Возможные ЧС на объекте: замыкание в электрической цепи, и как следствие, пожар.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Монтаж датчика и источников света

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая	Подпись	Дата
------------------	------------	---------------	----------------	-------------

		степень, звание		
ассистент	Задорожная Татьяна Анатольевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4BM5A	Кулжанова Айнур Батырхановна		

5. Социальная ответственность

Главной задачей ВКР является обоснование принципов создания системы мониторинга для управления качеством и количеством светового потока при досветке растений в теплице в зависимости от времени года, времени суток и погодных условий.

Косинус-скорректированный квантовый микродатчик MQS-B разработан для точного измерения PAR. Спектральная чувствительность датчика отлично согласуется с идеальной кривой спектра PAR. Кроме того, в оптической части конструкции датчика оптимизирована коррекция отклонения датчика от вертикали. Прибор предназначен для непрерывных уличных или комнатных наблюдений. Идеально подходит, например, для исследования роста сельскохозяйственных культур в теплицах.

Под социальной ответственностью понимается объективная необходимость отвечать за нарушение социальных норм. Она выражает характер взаимоотношений личности с обществом, государством, коллективом, другими социальными группами и образованиями – со всеми окружающими её людьми.

5.1. Производственная безопасность.

5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Микроклимат теплицы – это совокупность всех климатических показателей внутри теплицы: температуры, влажности, и т.д. Это своего рода погода в теплице[54].

Для создания нормальных условий жизнедеятельности нужно обеспечить не только нормальные параметры микроклимата, но также и необходимую чистоту воздуха.

Температура в теплице в среднем должна составлять от +16 до 25 градусов, а ночью спадать не более, чем на 5-8 градусов. Ниже нормы температура станет замедлять темп роста растений, да и более высокая

температура неблагоприятна – ведь она стимулирует разрастание зеленой массы, от чего сразу пострадает урожайность растений и качество самих плодов в теплице.

В рабочие часы температура для человека благоприятная.

В течение всего вегетационного периода влажность для растений в теплице играет важную роль. Влажность в теплице создаёт микроклимат, столь необходимый для роста и развития растений. Недостаток влаги, как и ее избыток, могут решающим образом повлиять на конечный урожай возделываемой культуры.

Влажность воздуха в теплице должна быть в пределах 50–60%, влажность почвы 65–80%.

Температура воздуха, как правило, не должна превышать 30 градусов. (Все вышесказанное касается дневных показателей.) Растения, уходящие в ночь, должны быть сухими, и влажность в теплице должна быть минимальной.

Влажность воздуха в теплице 50–60% не вредит на организм человека находящегося в теплице.

Скорость движения воздуха снижается по мере приближения к листу, так как растения оказывают сопротивление воздушным потокам. Оптимальная скорость движения воздуха в теплицах 0,3—0,5 м/с. С целью улучшения условий движения воздуха вокруг листа в объеме теплицы можно усилить его движение над растениями до 1 — 1,5 м/с[53].

Отсутствие или недостаток естественного света

Всеобщим межотраслевым документом, содержащим нормы естественного и искусственного освещения предприятий, является СНиП 23-05-95.

Вредное воздействие параметров освещения проявляется в отсутствии или недостатке естественного света, а также недостаточной освещенности рабочей зоны[57].

Помещения должны иметь как естественное, так и искусственное освещение. В теплице преобладает искусственное освещение.

Согласно научным исследованиям, отсутствие естественного освещения на рабочем месте может вызвать ухудшение самочувствия, привести к потере сна и ослаблению здоровья. Специалисты полагают, что причина отрицательного воздействия может заключаться в изменении циркадных ритмов из-за недостатка естественного света. Поэтому следует уделять большее внимание достаточному дневному освещению для укрепления здоровья и морального состояния работников. На рабочих местах, где трудовая деятельность ведется в условиях отсутствия естественного освещения, необходимо проводить мероприятия, направленные на уменьшение уровня вредности условий труда. В их число входят следующие:

- улучшение условий путем использования искусственного освещения;
- защита временем, то есть сокращение продолжительности пребывания работников в помещении без естественного освещения;

- профилактическое ультрафиолетовое облучение работников. В этом случае источники ультрафиолетового излучения устанавливают рядом с обычными осветительными лампами, за счет чего достигается обогащение обычного искусственного освещения ультрафиолетовым излучением. При недостатке естественного освещения в помещениях также возможно принятие следующих мер:

- анализ степени загрязненности стекол в световых проемах, их очистка и дальнейшие контрольные измерения коэффициента естественной освещенности;

- в случае обусловленности недостатка естественного освещения затенением зелеными насаждениями снос деревьев;

- при наличии в помещении зон с недостаточным и достаточным уровнем естественного освещения изменение размещения рабочих мест с их переносом в зону с достаточным уровнем естественного освещения;

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Свет является одним из важнейших условий существования человека.

Недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, который может вызвать ослепленность или привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности[58].

Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму. В зависимости от длины волны, свет может оказывать возбуждающее (оранжево-красный) или успокаивающее (желто-зеленый) действие.

Согласно ГОСТ 12.4.011-89 к средствам нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест относятся:

- источники света;
- осветительные приборы;
- световые проемы;
- светозащитные устройства;
- светофильтры;
- защитные очки.

Повышенный срок эксплуатации, отсутствие ультрафиолетового излучения, экономия электроэнергии, безопасность для окружающей среды, отсутствие мерцания – вот основные преимущества светодиодных ламп дневного света перед обычными.

Светодиодные лампы потребляют в несколько раз меньше электроэнергии по сравнению с обычными лампами, а срок их службы в 10 раз больше, чем также позволяет сэкономить существенные средства на обслуживании[65].

Электрический ток

Для обеспечения максимальной безопасности все электрические выключатели и устройства должны быть установлены в водонепроницаемых корпусах, предназначенных для наружного применения, чтобы они были

защищены от случайного попадания воды. Все розетки в теплице должны быть во влагозащитном исполнении, и устанавливать их следует сравнительно высоко, вдали от пола, где у них больше всего шансов промокнуть.

Для безопасности все электрические цепи должны быть снабжены прерывателями замыкания тока на землю.

Определение потребностей в электроэнергии для общего освещения теплицы.

Светильники, которые освещают проход и остальное помещение теплицы в то время, когда подсветка растений выключена, будут использоваться чаще других, поэтому они должны иметь собственные выключатели, расположенные у входа в строение.

В зимние месяцы верхнее освещение в теплице может работать долгими часами, однако летом, когда день длится 14 часов, потребность в верхнем свете гораздо скромнее.

Регламентирующих расположение розеток в теплице, не существует, их стоит располагать на высоте не менее 46 см от пола, чтобы защитить от влаги [59].

Поскольку под стеллажами часто хранят горшки и горшечную почву, которые загораживают розетки, то одной розетки будет недостаточно.

Помимо ламп в электрическую сеть теплицы надо будет включать вентиляторы, электрические обогреватели и увлажнители либо распылители. Обычно они обладают собственными цепями и выключателями. Вентилятор можно включить в розетку у стеллажа, но если он будет расположен под потолком, для него может понадобиться отдельная розетка. В цепь вентилятора необходимо включить не только выключатель, но и термостат.

Все электрические устройства теплицы должны быть подсоединены к главному распределительному щиту с прерывателем замыкания тока на землю. Прерыватель выключит ток при малейших утечках его на землю, и, если на какое -нибудь устройство попадет вода, электричество успеет выключиться раньше, чем ударит током. На распределительном щите для каждой цепи будет

свой выключатель, в дополнение к главному выключателю, выключающему ток во всей теплице.

В теплице должен быть установлен прерыватель короткого замыкания тока на землю, который немедленно выключает электричество при контакте с влагой. Он срабатывает за долю секунды.

В отличие от открытой взгляду водопроводной трубы, где видна любая протечка, по проводам не видно, где происходит утечка тока на землю. Следовательно, любая электрическая цепь в дополнение к выключателю должна быть снабжена предохранителем[59].

Источник опасности

Источниками опасности поражение током человека в теплице являются: датчик и светодиодные светильники.

Воздействие на человека

Проходя через организм человека, электрический ток производит термическое, электролитическое и биологическое действие. Термическое действие тока проявляется в ожогах тела, нагреве и повреждении кровеносных сосудов, нервов, мозга и других органов и систем, что вызывает их серьезные функциональные расстройства.

Характерными видами электрических травм являются электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения и электроофтальмия.

Случаи замыкания электрической цепи через тело человека довольно часты, однако лишь незначительная часть их сопровождается прохождением большого тока через тело человека, вызывающего болезненные ощущения или утрату трудоспособности, а в еще более редких случаях — смертельные поражения. Предполагается, что из 140— 150 тыс. случаев замыкания электрической цепи через тело человека лишь один случай сопровождается смертельным исходом[66].

Нормирование

Основными техническими средствами защиты являются:

Защитное заземление;

Автоматическое отключение питания (зануление);

Устройства защитного отключения[69].

Мероприятия

Безопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением следующих мероприятий:

- соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия, ограждения токоведущих частей;
- применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям
- применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;
- применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
- использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;

- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки[67].

Причины поражение током

Основными причинами поражения человека электрическим током являются:

удар электрическим током при использовании неисправных бытовых электроприборов;

присоединение к незаземленным частям электроустановки (контакты, провода, зажимы и т.д.);

ошибочно поданное напряжение на рабочее место;

появление напряжения на корпусе оборудования, которое в нормальных условиях не находится под напряжением;

удар электрическим током неисправной линии электропередач[68];

5.1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.

Источник опасности

Пожар, замыкание электрических проводов.

Воздействие на человека

Опасные факторы пожара делятся на основные и второстепенные:

Основные факторы — это те которые возникают на прямую из-за пожара:

Пламя и искры (открытое пламя опасно для человека, т. к. вызывает ожоги).

Высокая температура (также вызывает ожоги).

Вредные продукты горения (отравление токсинами влечет за собой потерю сознания и смерть)

Дым (содержит в себе вредные газы для человека, например CO_2 , и снижает видимость, что усложняет эвакуацию людей).

Снижения концентрации кислорода (снижение концентрации O_2 вызывает множество симптомов у человека: от снижения внимания, одышки, учащения пульса при 12-17%, до потери сознания и смерти при концентрации меньшей 6-8%).

Второстепенные факторы пожара — это те, которые возникают при определенных особенностях самого объекта, но по причине пожара:

Взрыв.

Осколки, части разрушенных аппаратов, устройств, конструкций.

Опасные вещества, вышедшие из разрушенных устройств [64].

Нормирование

проведение исследований и разработка нормативной и технологической документации по созданию и применению кабелей повышенной надёжности для взрывопожароопасных зон;

анализ и оптимизация областей применения кабелей с учётом класса их пожарной опасности и разработка на этой основе нормативной базы, регламентирующей выбор и применение кабелей с учётом показателей пожарной безопасности;

проведение полномасштабных испытаний кабельных потоков на распространение горения. Выработка рекомендаций по применению не распространяющих горение кабелей с учётом объёма их горючей массы;

проведение исследований по классификации кабельных линий и электропроводок по степени огнестойкости, в том числе по сохранению работоспособности при воздействии стандартного температурного режима пожара[70].

5.2. Экологическая безопасность.

5.2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Во всех батарейках содержатся токсичные элементы, которые при попадании в почву и воздух наносят непоправимый вред здоровью человека. Например: свинец — поражает почки, печень и нервную систему, костные ткани, вызывает гибель клеток крови кадмий — вредит легким и почкам ртуть — поражает нервную систему, печень, почки, желудочно-кишечный тракт, дыхательные пути никель и цинк — наиболее часто повреждают поджелудочную железу, кишечник, печень, головной мозг щелочи — прожигают слизистые оболочки и кожу. Выброшенная в мусорное ведро батарейка попадает на свалку, где в процессе коррозии либо в результате горения выделяет вредные вещества. Далее токсины вместе с водой и едой попадают нам на стол. Ядовитые элементы имеют свойство накапливаться в организме, поэтому даже в небольших количествах могут вызвать онкологические, репродуктивные и другие серьезные заболевания. Никель-кадмиевые батареи. Кадмий, который используется в никель-кадмиевых батареях, считается более вредным при попадании внутрь, чем свинец. Рабочие на заводах в Японии, которые работают с никель-кадмиевыми батареями, испытывают серьезные проблемы со здоровьем, связанные с длительным воздействием металла. Утилизация на свалке таких батарей запрещена во многих странах. Мягкий, беловатый металл, который встречается в природе, может привести к повреждению почек. При прикосновении к протекшей батарее кадмий может всасываться через кожу. Так как большинство NiCd батарей герметизировано, то при обращении с ними практически не существует риска для здоровья. Но очень осторожно надо обращаться с открытыми батареями. Неправильно утилизированной батарейки можно загрязнить землю площадью 20 кв.м., а также до 200 литров воды. Это может привести к гибели и растений и животных. Попадая в общий мусор, а затем на полигоны, нарушается целостность корпуса батарейки за счет ржавления и коррозии, и опасные токсические элементы попадают в почву и в подземные воды, а оттуда

в моря, озера и другие природные водоемы. До недавнего времени в России были предприятия, которые занимались только сбором и хранением батареек. Переработка обходится дорого и фактически не приносит прибыли. Но в октябре этого года на челябинском перерабатывающем заводе была запущена первая линия переработки батареек. Технология предприятия позволяет перерабатывать щелочные батарейки гидрометаллургическим способом на 80%. Таким образом, теперь собранные щелочные батарейки будут утилизировать в Челябинске. Посредниками между потребителем и заводом должны стать общественные организации и крупные торговые сети. Остается надеяться, что система сбора отработанных батареек будет хорошо налажена и снизится количество выбрасываемых на свалку батареек.

Несмотря на то, что благодаря своим преимуществам перед лампами накаливания, а именно – экономичность (срок работы примерно в 50 раз больше), высокий уровень прочности элементов лампы и пожаробезопасность такие лампы рано или поздно выходят из строя.

Отличительной особенностью светодиодных ламп является тот факт, что в них отсутствуют вредные и опасные для человека вещества, например, ртуть и люминофоры как в люминесцентных лампах. Это существенно упрощает утилизацию.

Существует ряд компаний, который помогает утилизировать светодиодные лампы и прочие вышедшие из эксплуатации предметы. Они советуют предприятиям сначала собирать нерабочие лампы в стандартные контейнеры для отходов, затем привезти их на место утилизации. Далее в процессе утилизации происходит разбор привезенных ламп: корпус лампы, в состав которого входит поликарбонат, а так же легкий металл (алюминий) используется в качестве вторичного сырья. Также не пропадет в дальнейшем и цоколь: стекло, из которого он сделан, измельчается, а потом используется в производстве строительных материалов и стекло содержащего сырья. Вы только представьте, сколько в итоге пользы от утилизации!

Получается, что еще одним достоинством светодиодных ламп является простая утилизация, которая не требует демеркуризации (удаления ртути). В связи с этим нет необходимости в защите работников предприятия, занимающегося переработкой отходов[60].

5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

5.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.

Повреждение кабеля, скачок напряжения, отсутствие изоляции и попадания воды на него могут привести возгаранию деталей приборов далее к пожару.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях состояние защищенности населения, объектов народного хозяйства и окружающей природной среды опасностей в чрезвычайных ситуациях. Различают безопасность по видам (промышленная, радиационная, химическая, сейсмическая, пожарная, биологическая, экологическая), по объектам (население, объект народного хозяйства и окружающая природная среда) и основным источникам чрезвычайной ситуации (ГОСТ Р 22.0.02-94.)

Чрезвычайная ситуация; ЧС: Обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Примечание - Различают чрезвычайные ситуации по характеру источника (природные, техногенные, биолого-социальные и военные) и по масштабам (локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные).

Обязанности работников теплиц и парников для соблюдения пожарной безопасности.

Должностные лица обязательно проходят специальное обучение по вопросам ПБ. Все сотрудники теплиц и парников также инструктируются по пожарно-техническому минимуму, отвечают за это назначенные руководством лица[55].

Персонал теплиц и парников должен знать и соблюдать:

внутренний трудовой распорядок;

правила личной гигиены;

требования и правила пожарной безопасности;

требования по эксплуатации приборов, установок, оборудования;

правила использования средств индивидуальной защиты.

Работниками должна быть усвоена информация о местонахождении средств тушения пожара, выходов и путей эвакуации, правила поведения и последовательность действий при пожаре[56].

В случае обнаружения каких-либо факторов, указывающих на начало возгорания, работник должен:

1. отключить работающее от сети оборудование;
2. сообщить информацию руководству, охране, пожарным службам;
3. начать ликвидацию возгорания при помощи имеющихся средств пожаротушения (при отсутствии угрозы для жизни).

Перед тем как начинать работу сотрудник должен:

надеть специальную одежду;

убедиться, что рабочий участок готов к работе, не загроможден лишними предметами и освещен;

убедиться в исправности и наличии огнетушителей, средств индивидуальной защиты, заземления, рабочей тары – корзин, ведер, мусорных урн и т. д.

Во время работы в целях пожарной безопасности сотрудники должны:

выполнять только порученные задания;

быть внимательными, не отвлекаться;

следить за исправностью оборудования и инвентаря, в случае его поломки, прекратить работу;

согласовывать действия с другими членами бригады;

в случае обнаружения постороннего шума, вибрации, запаха горелой резины поставить в известность руководство;

соблюдать осторожность при работе с лестницами стремянками – убедиться в их устойчивости; опираться на ступеньки 2-мя ногами; держаться 1-й рукой за перила;

переноску, погрузку ящиков с продукцией выполнять с напарником и т.

д.

Соблюдение всех правил и требований по пожарной безопасности – залог защищенности персонала от возгорания и его последствий[55].

Средств пожаротушения – песок, лопата, ведро и порошковый огнетушитель.

5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Конструкция светодиодных ламп бывает разной: лампа может содержать лишь один однодиодный элемент, а может быть укомплектован лампами с несколькими светодиодами.

Светильник собирают в одну цепь, которую присоединяют к блоку питания. Управляющие схемы обеспечивают контроль работы лампы. Это позволяет включать и выключать участки цепи и регулировать яркость света.

Удобнее всего использовать подвесную технологию монтажа. Лампу закрепляют на потолке или же несущей конструкций тросами или цепями. Конструкцию можно опускать на требуемую высоту. При работе лампы почти не нагреваются, что позволяет размещать их недалеко от растений – это значительно улучшает их рост.

При установке лампы на потолке лучше всего выбирать модели, оснащенные рефлекторами – это позволит сделать минимальными потери узконаправленного светового потока.

Планировать размещение лампы следует заблаговременно, так как она имеет небольшой угол освещения. Некоторые используют светодиодные ленты с диодами большой мощности. Следует следить, чтобы на такую ленту не попадала вода, так как она может сломаться[61].

Очень важен при выборе места, – это освещенность и учет сторон света.

Ставить теплицу надо на открытой местности, ее не должны загораживать высокие деревья, кустарник, различные постройки, элементы ландшафта. Специалисты рекомендуют ставить подобные строения на возвышенности, где лучи солнца смогут максимально освещать его, оптимальным считается угол падения солнечного луча до 15 градусов. Лучше всего ставить теплицу таким образом, чтобы она смотрела одним концом на восток, а вторым – на запад, в таком случае освещенность будет максимальная, света хватит для нормального развития всех культур[62].

Выводы

Анализ показал, что для построения эффективной системы мониторинга при разработке адаптивных систем облучения растений в теплицах основным методом должен быть метод мониторинга солнечной радиации. Он позволяет поддерживать на одном (близком к требуемому) уровне суммарный поток и спектральный состав падающего на растение излучения.

Измерение люминесценции также может быть использовано в качестве оперативного способа оценки процесса фотосинтеза на ранних его стадиях. Однако в настоящее время он может быть применен для корректировки параметров облучения в качестве вспомогательного метода, так как пока не ясно какие параметры люминесценции могут быть взяты за основу в системе обратной связи.

Анализ показывает также, что для контроля состояния развития растений можно применять также метод измерения спектров отражения (то есть вычисленных на их основе индексов вегетации). Однако этим методом можно контролировать только конечные продукты фотосинтеза (количество накопленного хлорофилла, например).

Если использовать все три метода одновременно, то они позволят не только корректировать параметры падающего потока излучения, но и управлять с помощью падающего излучения процессами накопления биомассы и ее качеством.

Список использованных источников

1. Хит О. Фотосинтез: (Физиол. аспекты). М.: Мир, 1972. 315 с.
2. Белявская Т.А. Практическое руководство по гравиметрии и титриметрии. - М.: Изд-во МГУ, 1986.
3. Биология и медицина [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://medbiol.ru/medbiol/biology_sk/000231c3.htm#001f1657.htm (дата просмотра) 12.12.2016.
4. В Цикл Кальвина [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.drau.ru/article/188.html> (дата просмотра) 12.02.2017.
5. Шубин, в. в. Мурти, С. Д. С., Карапетян Н. в., Моханти П. (1991) Биохим. Biophys. ACTA, 1060, 28-36.
6. Карапетян, Н. в., Дорре, Д. Швейцера, г. Bezsmertnaya И. Н., И Хольцварт А. р. (1997) Биохимия, 36, 13830-13837.
7. Карапетян, Н. в., Хольцварт, А. Р., и Roegner, М. (1999) латыш ФЕБО., 460, 395-400.
8. Шубин, в. в., Tsuprun, в. л., Bezsmertnaya, И. Н., Карапетян н. в. (1993) латыш ФЕБО., 334, 79-82.
9. Шубин, в. в., Bezsmertnaya, И. Н., Карапетян, Н. в. (1995) и J. Photochem. Photobiol., 30Б, 153-160.
10. Карапетян Н.В. (2004) Биофизика, 49, 212–226.
11. Карапетян, Н. В. (1998) Устойчива К Воде.. Клеточной Биол. 12, 571-584.
12. Schlodder, e., Четин, М., Byrdin, М. Терехова, И. Н., Карапетян, Н. в. (2005) Биохим. Biophys. ACTA, 1706, 53-67
13. Дорре, Д., Фромм, П., Карапетян Н. в., Хольцварт, А. р. (1998), в Учеб. XI Междунар. Конгресс фотосинтеза (Гараб, г., ред.), вып. 1, с. 587-590.
14. Янссон, С. (1994) Биохим. Biophys. ACTA, 1184, 1-19.
15. Кадоре, Ж. К., Demouliere, р., Lavand, Дж., Ван горком, Х., Houmard, J., и Этьен л. А. (2004) Биохим. Biophys. ACTA, 1659, 100-104.

16. Парикмахерская, Ж., Нилд, Джей, Дункан, Дж (2006) в Фотосистемы I: светло-приводом Plastocyanin:Ferredoxin Oxidoreductase (Golbeck, И. Н. ред.) Спрингер, Дордрехт, том. 24, с. 99-117.
17. Boekema, Ж. Э., Hifney, А., Yakushevskaya, е. А., Пиотровский, М., Keegstra, в., Ягода С. А., Михель, К. П., Писториус, е. К., и Kruip, Ю. (2001) природа, 412, 745-748.
18. Вентворт, М., Рубан А. в., Хортон, П. (2003) Дж. Биол. Хим., 278, 21845-21850.
19. Rakhimberdieva, М. г., Bolychevtseva, Ю. в., Еланская И. в., Карапетян Н. в. (2007) латыш ФЕБО. 581, 2429-2433.
20. Скотт, М., Макколам, С., Васильев, С., Croizer, С., Espie, г. С., Кроль, М., Huner, Н. П. А. Брюс, Д. (2006) Биохимия, 45, 8952-8958.
21. Погосян С.И. лекция 4 Фотосинтез [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docplayer.ru/39470676-Pogosyan-s-i-lekciya-4-fotosintez.html> (дата просмотра) 10.02.2017.
22. Наука и техника химия [Электронный ресурс]. URL: http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/himiya/fotohimiya.html?page=0,1 (дата обращения 15.03.2017).
23. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biofile.ru/bio/9000.html> (дата просмотра) 22.02.2017.
24. Н.Е. Новикова, В.И. Зотиков. Физиологические основы устойчивости сельскохозяйственных растений: Учебное пособие. – Орел: Изд-во ООО Полиграфическая фирма «Картуш», 2015. – 176 с.
25. Татьяна Рудакова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hoyas.ru/examples/stress/> (дата просмотра) 30.02.2017.
26. Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу: Учеб. пособие для студ. вузов. / Под ред. И.П. Ермакова.- М.: Академия, 2003.-256с.
27. Бухов Н.Г. Динамическая световая регуляция фотосинтеза// Физиология растений.-2004.-Т.51, №6. – С.825-837.

28. Карпухин Л.Т. Применение инфракрасного газоанализатора для изучения CO₂ – газообмена растений// в кн.: Биофизические методы в физиологии растений – М: Наука, 1971.- 44 с.
29. Эдвардс Дж. Фотосинтез C3 и C4 растений: механизмы и регуляция.- М.:Мир, 1986.- 598 с.
30. Мокроносов А.Т., Гавриленко В.Ф. Фотосинтез: Физиолого-экологические и биохимические аспекты – М: МГУ, 1992.- 318 с.
31. Владимиров Ю.А., Потапенко А.Д. Физико-химические основы фотобиологических процессов. М.: Высш. шк., 1983.
32. Маторин Д.Н., Венедиктов П.С. Люминесценция хлорофилла в культурах микроводорослей и природных популяциях фитопланктона // Итоги науки и техники. Биофизика. М.: ВИНТИ, 1990. Т. 40.
33. Веселовский В.А., Веселова Т.В. Люминесценция растений. М.: Наука, 1990.
34. Тихонов А.Н. Трансформация энергии в хлоропластах - энергообразующих органеллах растительной клетки // Соросовский Образовательный Журнал. 1996. N 4. С. 24-32.
35. Скулачев В.П. Кислород в живой клетке: добро и зло // Там же. N 3. С. 4-10.
36. Riznichenko G., Lebedeva G., Pogosyan S. et al. // Photosynth. Res. 1996. Vol. 49. P. 151.
37. Рубин А.Б. Первичные процессы фотосинтеза // Соросовский Образовательный Журнал. 1997. N 10. С. 79-84.
38. Vavilin D.V., Ducruet J.-M., Matorin D.N. et al. // J. Photochem. Photobiol. B. 1998. Vol. 42/3. P. 233.
39. Шестаков С.В. Молекулярная генетика фотосинтеза // Соросовский Образовательный Журнал. 1998. N 9. С. 22-27.
40. Тихонов А.Н. Регуляция световых и темновых стадий фотосинтеза // Там же. 1999. N 11. С. 8-15.
42. Тихонов А.Н. Защитные механизмы фотосинтеза // Там же. С. 16 21.

43. Лысенко В.С., Вардуни Т.В., Соьер В.Г., Краснов В.П. флуоресценция хлорофилла растений как показатель экологического стресса: теоретические основы применения метода // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4-1. – С. 112-120;
44. А.С. Черепанов, Е.Г. Дружинина. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы. Геоматика №3. 2009.
45. В.Н. Антонов. Л.А. Сладких. Мониторинг состояния посевов и прогнозирование урожайности яровой пшеницы по данным ДЗЗ. Геоматика №3. 2009.
46. Н. Куssуль, Н. Ильин, С. Скакун, А. Лавренюк. Оценка состояния растительности и прогнозирование урожайности озимых культур украины по спутниковым данным.
47. Датчик ФАР [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://phyto-sensor.com/PIR-1M.ru> (дата просмотра) 17.03.2017.
48. Оптоволоконные спектрометры AvaSpec [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.avantes.ru/> (дата просмотра) 18.03.2017.
49. Флуоресцентный спектрофотометр CARY ECLIPSE фирмы «Аджилент» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://cn.agilent.com/cs/library/brochures/5990-7788RU.pdf> (дата просмотра) 22.03.2017.
50. Оптическое излучение [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vec-ing.ru/uploaded/ALMEMO%20UVx.pdf> (дата просмотра) 30.03.2017.
51. Датчик фотосинтетически активного излучения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.wwf.ru/data/publ/altai/metodposobie_gidrometmonitor_altai.pdf (дата просмотра) 02.04.2017.
52. Максим Дубинин [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (дата просмотра) 12.04.2017.

53. Зооинженерный факультет МСХА [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.activestudy.info/rezhim-vlazhnosti-v-teplicax/> (дата просмотра) 12.05.2017.
54. Теплица люкс [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://teplitca.com.ua/article-microclimate-in-the-greenhouse-2.html> (дата просмотра) 13.05.2017.
55. Шкрабак В. С., Луковников А. В., Тургиев А. К.. Безопасность жизнедеятельности в сельскохозяйственном производстве. — М.: Колос,. — 512 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учебных заведений). 2005
56. Марина Щукина [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://fb.ru/article/237725/lampa-dlya-teplitsyi-obzor-vidyi-opisanie-osobennosti-i-otzyivy-osveschenie-teplitsyi-svetodiodnyimi-i-natrievyimi-lampami> (дата просмотра) 14.05.2017.
57. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://znaytovar.ru/s/Vidy-i-normirovanie-estestvenn.html> (дата просмотра) 15.05.2017.
58. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/485533/page:5/> (дата просмотра) 15.05.2017.
59. Теплицы и парники [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://teplitsa-termos.ru/montazh-elektricheskoi-seti.html> (дата просмотра) 16.05.2017.
60. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.svet-dp.ru/articles/interesnyy-vopros-kak-utilizirovat-svetodiodnye-lampy/> (дата просмотра) 17.05.2017.
61. Теплица [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://oteplicah.ru/obustrojstvo/osveshchenie/svetilniki-dlya-teplits>(дата просмотра) 18.05.2017.
62. Все про парники и теплицы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://parnikiteplicity.ru/ustrojstvo/raspolozhenie-na-uchastke.html>(дата обращения 19.05.2017).

63. Против пожара [Электронный ресурс]. URL: <http://protivpozhara.ru/bezopasnost/na-predpriyatii/dejstvija-pri-pozhare> (дата просмотра) 20.05.2017.
64. Пожарные системы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.pozhsystems.ru/service/raschet/opasnye-factory-pozhara/> (дата просмотра) 21.05.2017.
65. Светодиодной техники [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://led-ted.ru/bonus_svetodiodyh_lamp.htm (дата просмотра) 22.05.2017.
66. Библиотека технической литературы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://delta-grup.ru/bibliot/16/42.htm> (дата просмотра) 23.05.2017.
67. Безопасности жизнедеятельности [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.refbzd.ru/viewreferat-1351-3.html> (дата просмотра) 24.05.2017.
68. Электробезопасность [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://elektri4estwo.ru/elektrobezopasnost/3-porajenie-elektricheskim-tokom.html> (дата просмотра) 25.05.2017.
69. Новиков С.Г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bgd.alpud.ru/_private/Bgd2_4.htm (дата просмотра) 26.05.2017.
70. Журнал «РусКабель», 1999-2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ruscable.ru/article/Normirovanie_trebovanij_pozharnoj_bezopasnosti_elektroprovodok/ (дата просмотра) 27.05.2017.

Приложение А

Раздел №1 Literature review

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4BM5A	Кулжанова Айнура Батырхановна		

Консультант кафедры _____ Лист:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЛИСТ	Корепанов Владимир Иванович	Доктор физико- математических наук		

Консультант –кафедры иностранных языков ФТИ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры	Надеждина Елена Юрьевна	К.п.н		

1. Literature review

1.1. Information about the processes in photosynthetic apparatus when absorbing quantum radiation.

Absorption of light quantum in the visible part of the spectrum (400-700 nm), which have sufficient energy for photosynthesis, has organic compounds (pigments) containing systems of conjugated bonds. Pigments of photosynthesis in higher plants are much less diverse [1].

If we take into account that part of the electronic excitation energy is scattered along the vibrational-rotational degrees of freedom even after 10^{-11} sec after the electronic transition, and the luminescence photon is emitted only after 10 sec or even more, we can conclude that the maximum in the luminescence spectrum should be shifted to a longer wavelength region (Figure 1.1), compared with the maximum in the absorption spectrum (the Stokes rule).

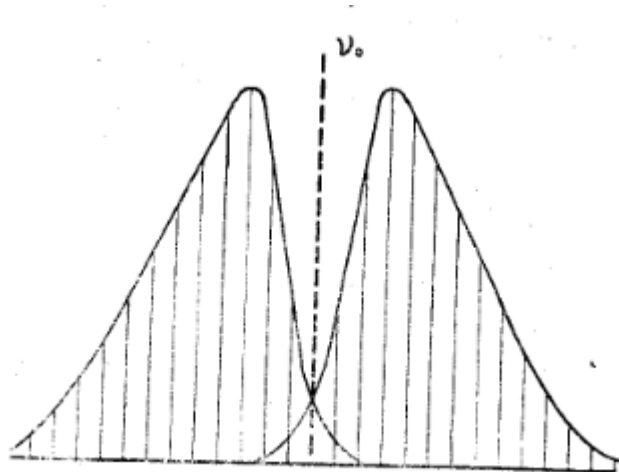


Figure 1.1 - The ratio of wavelengths in the "red" region of the absorption spectrum and in the spectrum of luminescence (fluorescence) of chlorophyll [2].

In the photosynthetic apparatus, the light energy is absorbed mainly by green pigments. The absorption spectrum of chlorophylls are depicted in Figure 1.2. The location of the absorption maximum in the red and infrared near field in chlorophylls can be of particular importance. The energy of red quantum is sufficient for the realization of photochemical reactions of photosynthesis [2].

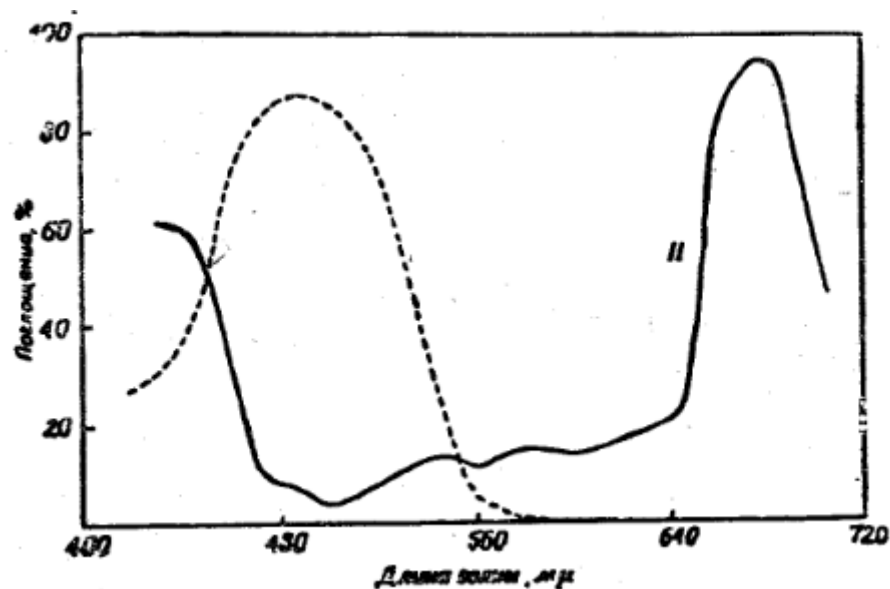


Figure 1.2 - The generalized absorption spectrum of carotenoids, in comparison with chlorophyll, is shown in Fig. 18. [2].

Biophysics of photosynthesis combines studies on the interpretation of the absorption of light quantum by pigments, the formation of electronic excited states, and the migration of electronic excitation energy, energy consumption for chemical work, luminescence and heat dissipation. This section also includes the study of the fine structure of the photosynthetic apparatus, conformational changes in chloroplasts and their components, diffusion processes, etc. [2].

1.1.1. Photosystem I and photosystem II: basic information

The plant pigments involved in photosynthesis are "packed" into the chloroplast thylakoids in the form of functional photosynthetic units called photosystems. There are two types of photosystems: photosystem I and photosystem II. Each photosystem contains 250-400 molecules of pigments. All pigments of the photosystem can absorb light energy particles, called photons or light quantum, but only the chlorophyll molecule of this photo system can use the absorbed energy in photochemical reactions. This molecule is called the reaction center of the photosystem, and other pigment molecules are called antenna ones, as they trap light energy, like antennas, for subsequent transmission to the reaction center.

Due to the variety of pigments due to their ability to absorb in different parts of the spectrum, the spectrum of visible light is used quite extensively in Figure 1.3. [3].

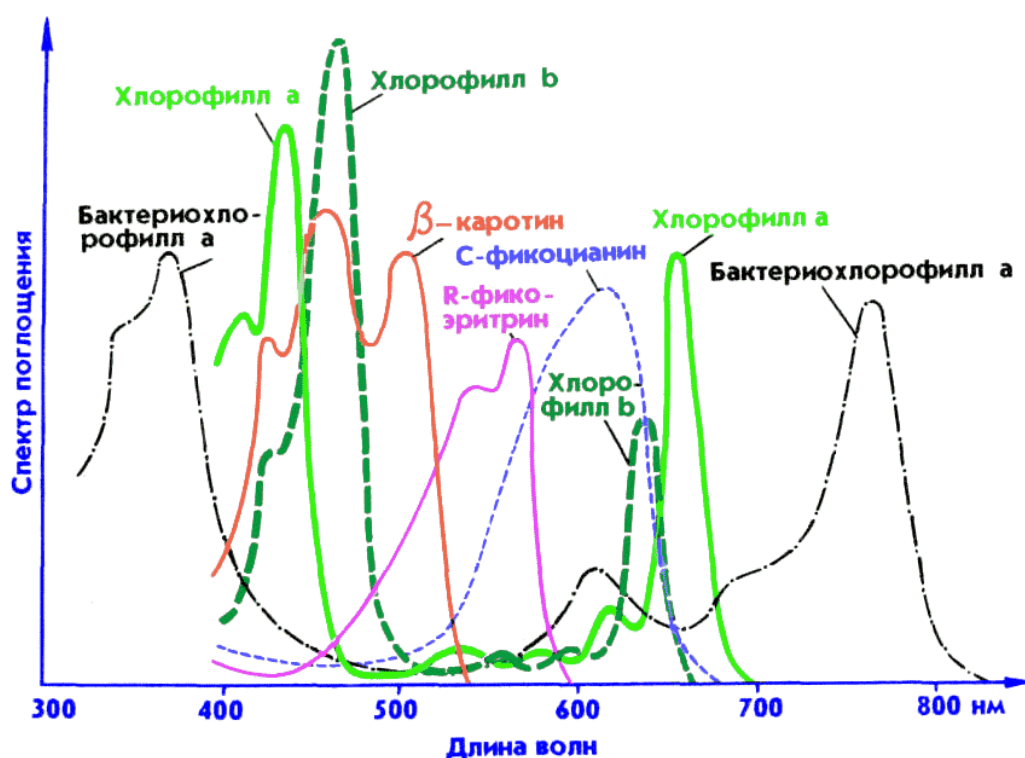


Figure 1.3 - Absorption spectra of chlorophylls and beta-carotene in organic solvents and phycobillinproteins in aqueous solution [3].

1.2 Mechanisms of energy dissipation in plant cells

Biologists have identified the main processes in the plant that control the accumulation of chlorophyll, that is, plant biomass. To control the growth and development of plants, methods have been developed that allow controlling the rate of photosynthesis.

Excited chlorophyll loses the absorbed energy of radiation to photosynthesis (photochemical energy conversion or photochemical quenching), to heat as a result of non-photochemical quenching, or fluorescence emission. Since all these processes compete with one another, analyzing the fluorescence of chlorophyll, one can get an idea of the intensity of photosynthesis and the "health" of the plant.

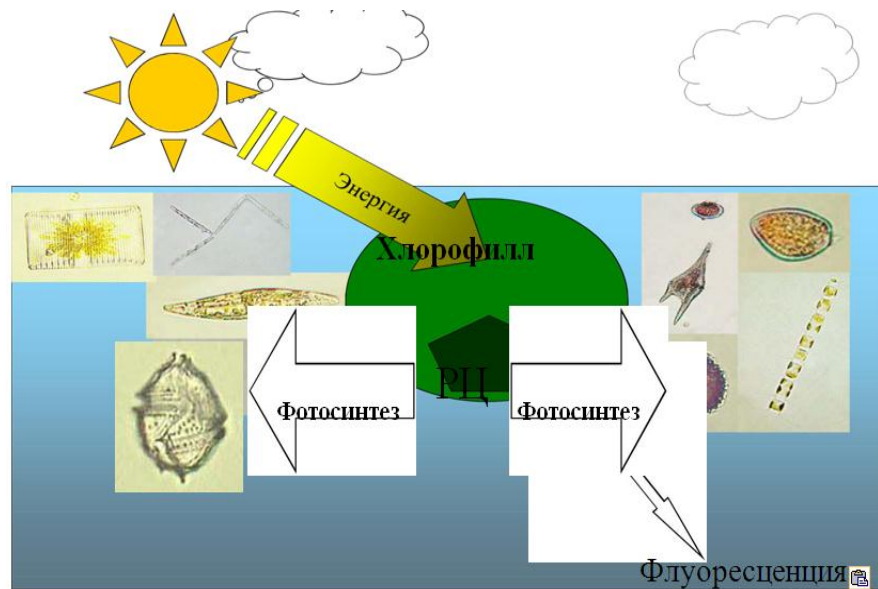


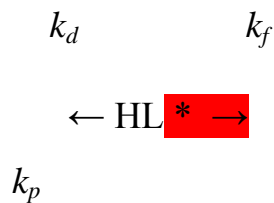
Figure 1.4 - The process of excitation energy [21].

Scheme of energy dissipation of excited chlorophyll:

In heat with a constant k_d ,

Into fluorescence with a constant k_f ,

On the photochemical transfer of an electron with a constant k_p .



The quantum yield η and the lifetime τ of the fluorescence of chlorophyll-PSA:

$$\eta = \frac{\kappa_f}{\kappa_f \cdot \kappa_d \cdot \kappa_p} \quad (1.1)$$

$$\tau = \frac{1}{\kappa_f \cdot \kappa_d \cdot \kappa_p} \quad (1.2)$$

If the transfer of an electron from the excited state of CL to [21].

Q_a^- is impossible and $k_p=0$, then

$$\eta_m = \frac{\kappa_f}{\kappa_f + \kappa_d} \quad (1.3)$$

1.2.1. Energy conversion.

Passing to a lower energy level, an excited molecule can emit a quantum of light. This process is called luminescence. There are two types of luminescence: fluorescence, when light is emitted very quickly after absorption, and phosphorescence, which begins some time after the absorption of light and damps much more slowly. Fluoresce many organic dyes in solutions, for example fluorescein. Phosphorescence is observed in some dyes dissolved in solid glasses, and in minerals, such as zinc sulfide, which emits light after a long time after being placed in darkness. Excited products are formed as a result of certain chemical reactions. If light is emitted in this case, then it is said that chemiluminescence takes place. One of the most effective chemiluminescent systems is found in fireflies. The glow occurs as a result of the oxidation of luciferin catalyzed by luciferase [22].

- Energy transfer.

The energy of electronic excitation can be transferred from one molecule to another, while the excited acceptor molecule can participate in any of the processes described above. Mechanisms of energy transfer are very diverse: from radiation processes, when energy is transferred to astronomical distances, to collisional ones, at which exchange occurs at distances on the order of the size of molecules.

- Quenching.

The electronic excitation energy of the donor, transferred to the acceptor, can go into excitation energy of other kinds (translational or vibrational) - dissipate. In this case, it is said that fluorescence quenching occurs [22].

- Photosynthesis.

This is a biological photochemical process that occurs in all green plants and some bacteria. During photosynthesis, carbon dioxide and water are converted into carbohydrates (reserve nutrients) with the release of oxygen. Almost all the oxygen

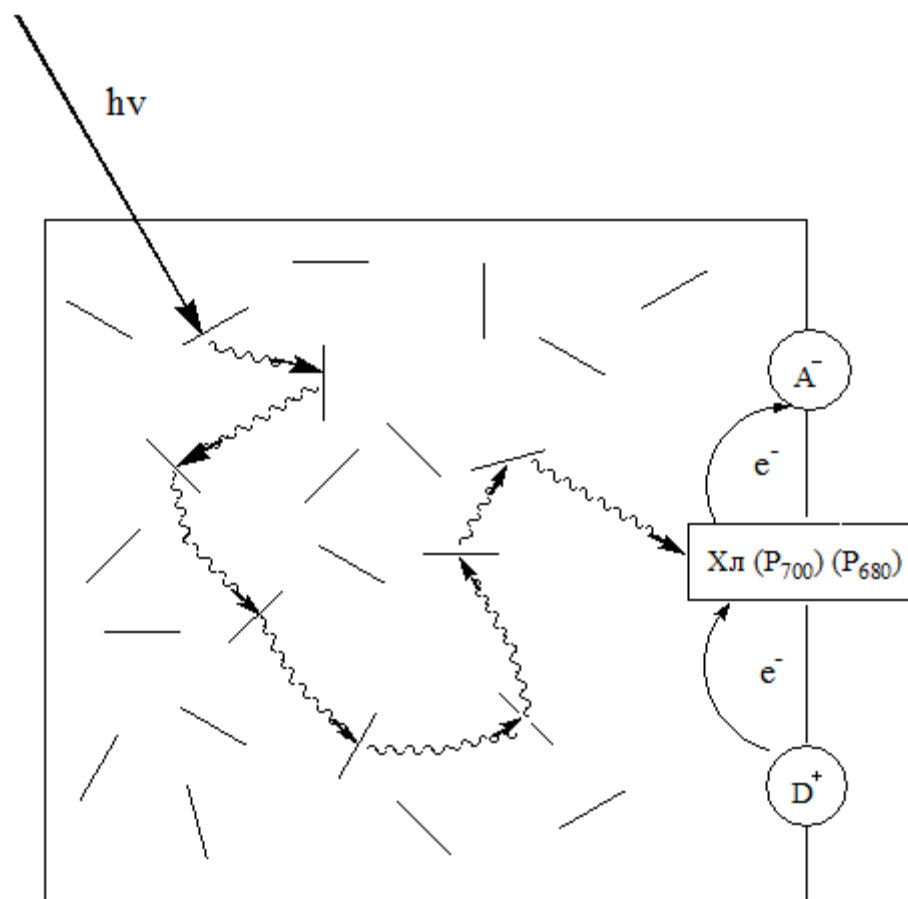
present in the Earth's atmosphere was formed as a result of photosynthesis, and in the absence of life on Earth its content in the atmosphere would be a million times smaller than now. Animals receive solar energy indirectly by eating plants. The mass of all organic substances produced by green plants during their existence is about 1% of the mass of the planet itself, and in the process of photosynthesis accumulates an amount of energy that is ten times greater than that consumed by the entire population of the Earth. Photosynthesis is a very complex process involving several stages. The substance responsible for the absorption of light by plants is the chlorophyll pigment. Under the influence of light from its molecule, an electron is detached, which is transmitted from one carrier to another. It is this flow of electrons that makes the conversion of light energy into chemical energy during the successive oxidation-reduction reactions. The whole process proceeds in specialized ordered structures - chloroplasts [22].

1.2.2. Migration of excitation energy by photosynthetic pigments

Pigments in chloroplasts form two systems in higher plants. Each pigment system constitutes a photosynthetic unit that enters the photosystems I and II. Each of these units consists of a set of molecules of auxiliary pigments that transfer energy to one molecule of the main pigment (P700 and P680). The latter molecules are part of the reaction centers. In reaction centers, energy is used to carry out a chemical reaction, which is the central link of photosynthesis [23].

Pigments included in the systems are divided into pigment-traps and pigment-collectors. The pigment-trap can convert energy. The pigment-collector of photons of light transmits the absorbed energy to the pigment-trap. In pigment systems, P700 and P680 are traps. Other pigments are collectors. As a result, photosynthesis can occur also when illuminated by light absorbed not by chlorophyll a, but, for example, by carotenoids.

Therefore, the first stage of photosynthesis is the absorption of light, and then there is a transfer of excitation energy and further photochemical stages in the form of chemical reactions (Figure 1.5).



Drawing. 1.5 - Schematic illustration of a group of pigments acting together as a photosynthetic unit that collects light quantum and transmits excitation to a special chlorophyll (Chl-trap) [23].

1.3. Dependence of photosynthesis on environmental factors

In plants carrying out the C_3 pathway of photosynthesis, saturation occurs at a lower intensity of light than in plants with a C_4 -conversion of carbon, the high photosynthetic activity of which manifests itself only at a high level of illumination.

In the region of light saturation, the intensity of photosynthesis is much higher than the respiration rate. When the illumination is reduced to a certain value, the photosynthetic and respiratory intensities are equalized. The illumination level at which the absorption of CO_2 in the process of photosynthesis is balanced by the release of CO_2 in the course of respiration is called a light compensation point. Its value is determined at 0.03% CO_2 and a temperature of $20^\circ C$. The value of the light compensation point is different not only for shade-tolerant plants (about 1% of total

light) and light-loving plants (about 3 - 5% of total sunlight), but also for leaves of different tiers of the same plant, it also depends on the concentration CO_2 in the air. Excessively high illumination sharply disrupts the process of biosynthesis of pigments, photosynthetic reactions and growth processes, which ultimately reduces the overall productivity of plants.

The course of the light curves of photosynthesis is influenced by changes in other environmental factors. For example, at low temperatures (12 C), the increase in light intensity becomes ineffective. The temperature optimum in plants with C_3 -type of photosynthesis lies within the limits of 25-35 C. Increase in CO_2 concentration with increasing illumination leads to an increase in the rate of photosynthesis (Fig. 1.6) [23].

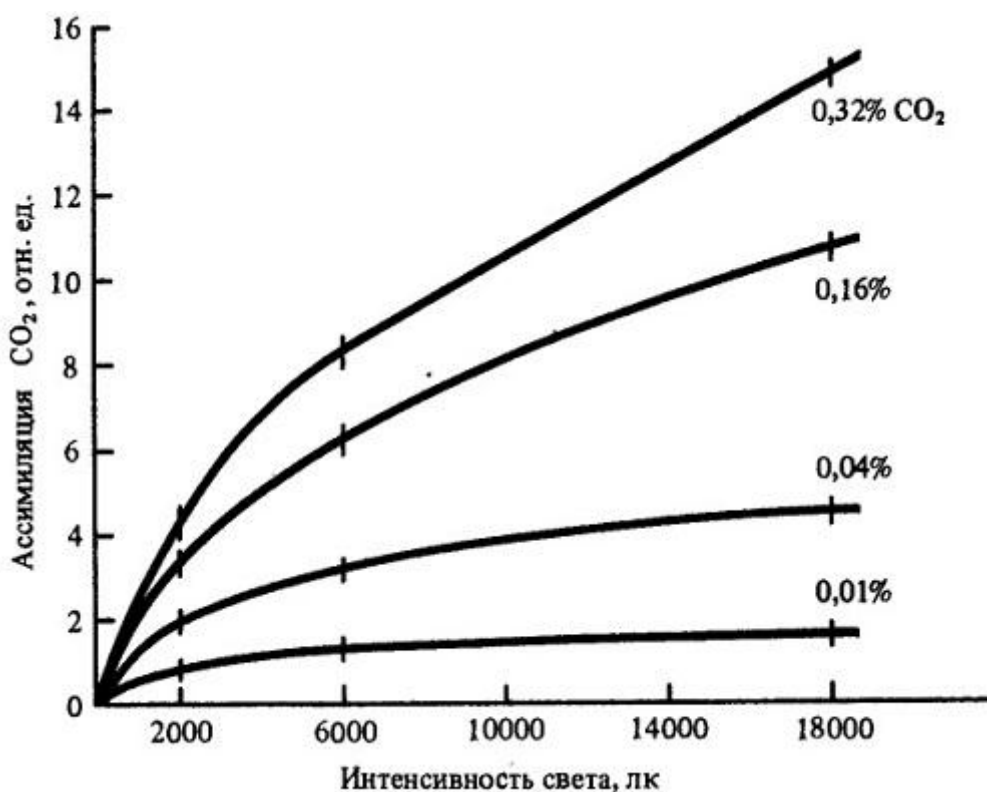


Figure.1.6 - Interaction of light intensity and carbon dioxide concentration on the rate of photosynthesis in moss [23].

These differences in the metabolism of carbon under the action of light of different quality were found in whole plants with C_3 and C_4 assimilation ways of CO_2 , in green and red algae they are preserved at different concentrations of CO_2 and

unequal light intensity. But in isolated chloroplasts there were no differences in the formation of starch on blue and red light. It is believed that the photoreceptor, which activity is associated with changes in the metabolism of carbon in blue light in green plants, are not observed. The speed of photosynthesis quickly and significantly increases with the addition of a small amount (20% of the saturation of red light) of blue light to red. Apparently, this is due to the fact that the photochemical stage of photosynthesis is regulated by blue light [23].

- Concentration of carbon dioxide

Carbon dioxide is the main substrate of photosynthesis; its content determines the intensity of the process. The concentration of CO_2 in the atmosphere is 0.03%. In the layer of air 100 m high over a hectare of arable land 550 kg of CO_2 are contained. Of this amount per day, plants absorb 120 kg of CO_2 . The dependence of photosynthesis on CO_2 is expressed by a logarithmic curve (Figure 1.7). At a concentration of 0.03%, the intensity of photosynthesis is only 50% of the maximum, which is achieved at 0.3% CO_2 . This indicates that in the evolution of the process of photosynthesis was formed at a higher concentration of CO_2 in the atmosphere. In addition, such a course of photosynthesis productivity versus CO_2 concentration indicates the possibility of fertilizing plants in indoor CO_2 rooms to obtain a larger yield. Such CO_2 fertilization exerts a strong influence on the crop of plants with the C_3 - type of CO_2 assimilation and does not affect plants with the C_4 - type, which have a special mechanism for the concentration of CO_2 [23].

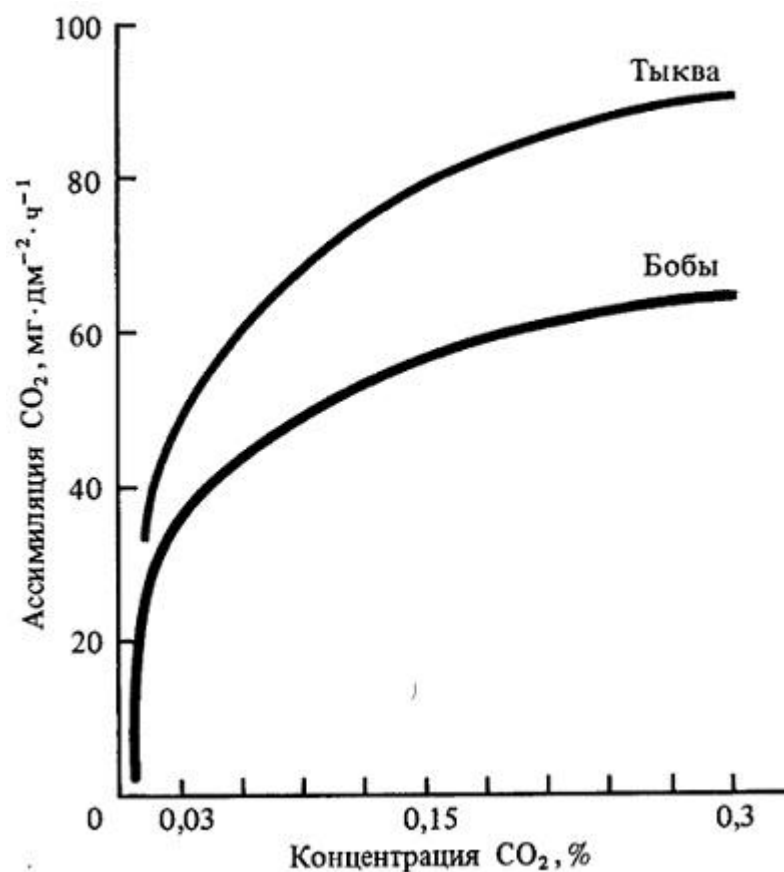


Figure.1.7 - Dependence of the intensity of photosynthesis on the concentration of carbon dioxide [23].

The intensity of assimilation of CO₂ depends on the rate of its entry from the atmosphere into the chloroplasts, which is determined by the rate of diffusion of CO₂ through the stomata, intercellular spaces, and in the cytoplasm of mesophyll cells of the leaf. When open, the stomata occupy only 1-2% of the leaf area, the rest of the surface is covered with a poorly permeable cuticle. However, in the presence of a cuticle, CO₂ enters the leaf through the stomata per unit time in the same amount as without it.

1.4. Plant Stress

Under natural growth conditions, plants are almost never in optimal situations of a complex of environmental factors, constantly experiencing stress factors of different strength and duration [24].

Zoengineering faculty of the Moscow Agricultural Academy

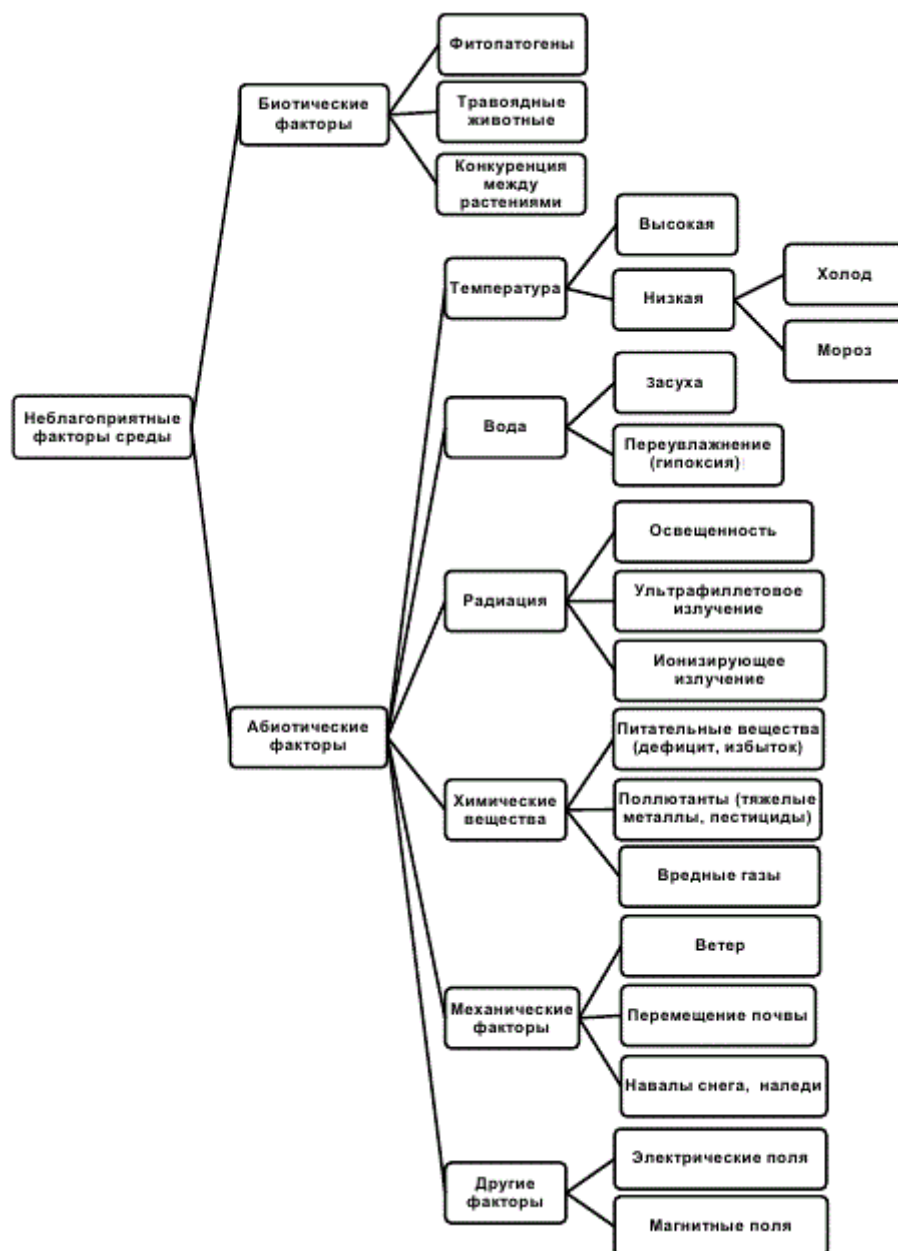


Figure 1.8 - Adverse factors of the environment, causing stress in plants [24].

In plants, according to H. Selye's theory, three successive phases of the response to adverse factors are identified: primary stress reaction, insufficient to withstand the influence of the stressor.

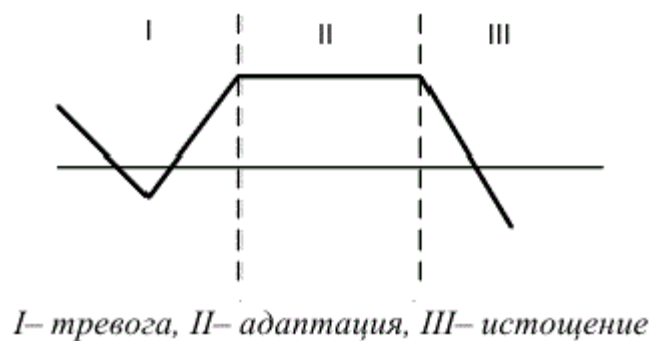


Figure 1.9 - Phases of the response of plants to stressors (according to G. Selye) [24].

1.5. Methods for determining the intensity of photosynthesis

Under the intensity of photosynthesis (IF) is meant the amount of CO_2 , assimilated by a unit of leaflets of the surface per unit time. The IR is measured predominantly in $\text{mg CO}_2 / (\text{dm}_2 \cdot \text{h})$ or in $\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 / (\text{m}_2/\text{s})$. Less frequently, the quantity of O_2 liberated by a unit of the lithium surface per unit time is used to characterize the activity of photosynthesis [26].

The most common method for determining IF both in laboratory and in field conditions is gas metric. Measurement of CO_2 absorption has a number of important advantages (in comparison with the determination of the accumulation of dry mass):

This method is applicable at any time,

Does not lead to the destruction of the plant,

Allows you to estimate the increment of dry mass in a short time interval (in minutes, hours or days), it makes it possible to study each individual leaf and accordingly assess the contribution of each tier to the photosynthetic activity of the plant, separating the carbon profit from photosynthesis from losses due to breathing.

When using this method, the leaf, plants or groups of plants are placed in a transparent chamber. The IFs of such objects are determined with the help of infrared gas analyzers using CO_2 in the air current. This is the most productive and accurate method of accounting for CO_2 absorption. Portable IR-gas analyzers for CO_2 , used in field operation, appeared recently [27].

The radiometric method assumes the introduction of a label of ^{14}C in the form of CO_2 . For this purpose, the sheet (the whole plant) is exposed to $^{14}\text{CO}_2$ for a short (less than 60 s), but precisely milled, period of time. Then the sheet is cut, fixed in liquid nitrogen and the content in it is determined ^{14}C , which is directly proportional to the IF. The method is widely used for field measurement.

1.5.1. Concentrations of CO_2 and O_2

The dependence of IF on the concentration of CO_2 in the air is expressed by carbon dioxide saturation, which has the form of a rectangular hyperbola for C_4 plants and non-rectangular for C_3 plants. The carbon dioxide saturation of photosynthesis in C_4 plants with CO_2 concentration mechanisms occurs with a carbon dioxide content close to the natural one. Its further increase, as a rule, does not increase IF, unlike C_3 - species, in which the IF significantly increases. As a result, the C_3 species, yielding C_4 species to the IF under normal conditions, exceed them at a high concentration of CO_2 , for example, at 0.1% [26].

With an increase in the O_2 concentration above the atmospheric IF, it is added as a result of activation of photorespiration, and when the O_2 content decreases, on the contrary, the IF increases.

The reaction of plants to prolonged growth with increased concentration of CO_2 is an increase in the leaf area, a decrease in the leafy supply of biomass, an increase in the net productivity of photosynthesis (PPS). This is accompanied by a significant structural and functional restructuring of the photosynthetic apparatus: an increase in the thickness of the leaf blades due to an increase in the size of the cells of the columnar and spongy parenchyma, a decrease in the content of chlorophyll, and the ratio of chlorophyll a to chlorophyll b.

However, a long (several weeks) cultivation of plants in the atmosphere of increased concentration of CO_2 reduced the effect of this method. The dimensions of both the nasal stimulation of photosynthesis and its subsequent suppression are of a variety-specific nature. The effect of increased concentration of CO_2 increases also in low light, for example in greenhouses in winter. This is due to a decrease in the UKP,

which increases the period of pure carbon accumulation, especially for the lowest leaves in the crop. In addition, with a lack of light in the plant, there is an increased demand for assimilates, which is satisfied by enhancing photosynthesis with an increase in CO₂ concentration.

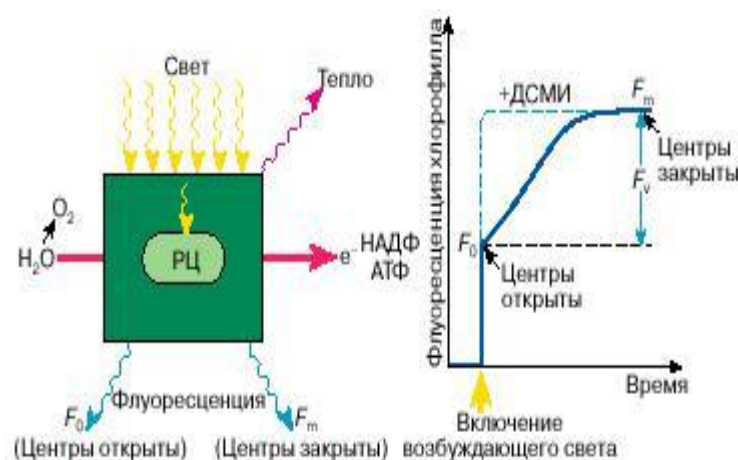
1.6. Optical parameters (absorption, reflection, luminescence) and characteristics of leaves and fruits of plants, indices and their relation to processes in the photosynthetic apparatus, the state of plants, etc.

Fluorescence of chlorophyll. The nature of the change in the primary stages of photosynthesis is directly reflected in the change in the fluorescence of chlorophyll in photosynthetic membranes of cells. To understand this relationship, it is sufficient to recall that the absorption of a quantum of light transforms the molecule of chlorophyll into an electronic excited state whose energy in the solution in the absence of photosynthesis passes either to heat or to fluorescence. In the photosynthetic membrane, the electron excitation energy of chlorophyll is used in the reaction centers (RC) to generate the electron flux in the primary stages of photosynthesis necessary for the reduction of NADP and the formation of ATP. Photosystem II decomposes water with the release of free oxygen and gives the electron through a chain of vectors to the photosystem I, which already restores NADP (for more details, see [34, 37]). The cell mostly fluoresces chlorophyll belonging to the photosystem II, and these are changes in fluorescence that indicate the state of the reaction centers of this photosystem. With active photosynthesis, when all RCs are in the open working state, in a weak light environment, almost all the absorbed light energy is used in the process of photosynthesis.

The photosynthetic chain of electron transfer is choked from the excess of absorbed light energy, transferring an increasing part of the absorbed light energy into fluorescence. One can find the difference between the fluorescence intensities of chlorophyll in closed and open RCs.

$$(F_v = F_m - F_0), \tag{1.4}$$

Which is called the variable fluorescence (F_v) of chlorophyll in cells (see Figure 1.10). As can be seen, the value of F_v corresponds to that part of the light energy that is used by the open reaction centers in photosynthesis, that is, it can characterize the activity of the initial stages of photosynthesis. In practice, the ratio F_v / F_m is estimated, the value of which is closely related to the primary productivity of phytoplankton in natural reservoirs. It correlates well with photosynthetic cell production determined by classical methods for the recovery of CO_2 by means of radioactive isotopes of ^{14}C .

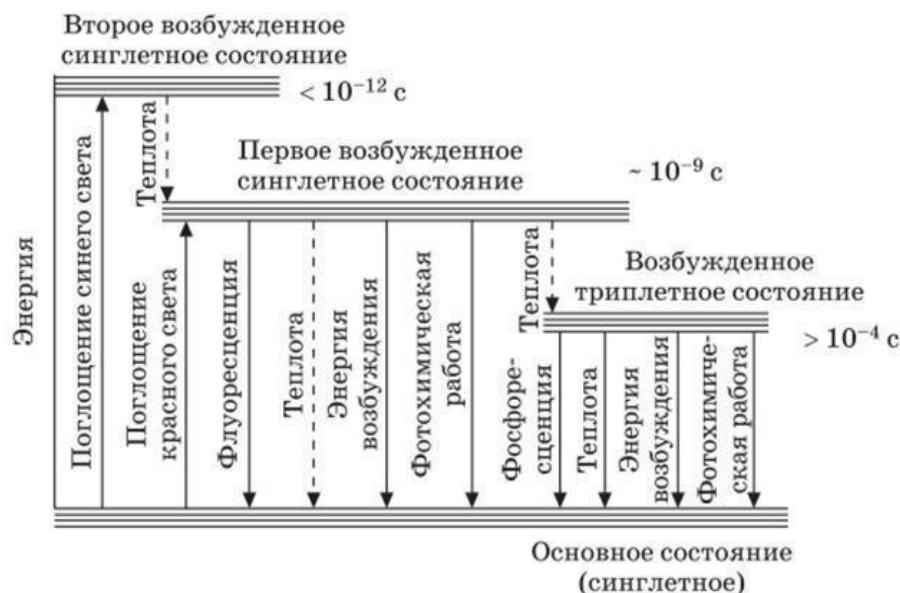


Drawing. 1.10 - Scheme illustrating the conversion of light energy in photosystem II with the formation of ATP and the reduction of NADP. RC - the reaction center of the photosystem II. Fluorescence of F_0 and F_m under active and inactive reaction centers of photosystem II, respectively.

1.6.1. Measurement of stress level and stress resistance

Fluorescence of chlorophyll allows measuring the stress level of plants. At its level, it is possible to judge the level of exposure to abiotic stresses, since extreme temperatures, excessive lighting and drought negatively affect the metabolism of plants. The structure of the chlorophyll molecule is well adapted to its functions as a sensitizer of photochemical reactions. The absorption of light by the chlorophyll molecule in the blue-violet part of the spectrum is due to a system of conjugated single and double bonds of the porphyrin ring.

Absorption in the red region is associated with the hydrogenation of the double bond in C₇ - C₈ in the IV pyrrole nucleus (in the transition from protochlorophyllide to chlorophyllide) and the presence of magnesium in the porphyrin ring.



1.11 - Transitions between excited states of chlorophyll after absorption of a quantum of red and blue light

The results of the conducted experimental studies made it possible to propose the indices of adaptation to stress, based on measuring the spectral characteristics of kinetic parameters of fluorescence [43]:

$$Am_s = 1 - \frac{Fm_{115} / Fm_{685}}{Fs_{115} / Fs_{685}}; \quad (1.5)$$

$$Am_0 = 1 - \frac{Fm_{115} / Fm_{685}}{FO_{115} / FO_{685}}, \quad (1.6)$$

Where Am_s and Am_0 are the adaptation indices using fluorescence signals of the Fm and F0 levels. The figures correspond to the wavelengths, nm, for which the indicators were measured.

An important direction in the study of photosynthetic activity of plants under environmental stress is not only the study of individual terrestrial plant species, terrestrial phytocenoses, but also the study of phytoplankton. This direction potentially has two aspects:

- 1) application of existing methods for assessing stress effects on the photosynthetic system by conditional empirical indices of fluorescence kinetics analogous to Ap ;

- 2) evaluation of stress effects in terms of primary products.

1.6.2. The vegetative index (VI)

The index calculated as a result of operations with different spectral ranges (channels) of remote sensing data, and related to vegetation parameters in a given pixel of the image. The features of reflection determine the effectiveness of VI; these indices are derived, mainly empirically.

The calculation of most of the vegetation indices is based on the two most stable (independent of other factors) sections of the spectral reflectivity curve of plants (Figure 1.12) [44]. On the red zone of the spectrum (0.62-0.75 μm) there is a maximum absorption of solar radiation by chlorophyll, and the maximum energy reflection by the cellular structure of the leaf on the near infrared zone (0.75 - 1.3 μm). That is, high photosynthetic activity (associated, as a rule, with a large phytomass of vegetation) leads to lower values of reflection coefficients in the red zone of the spectrum and greater values in the near infrared. As is well known, the ratio of these indicators to each other makes it possible to clearly separate vegetation from other natural objects.

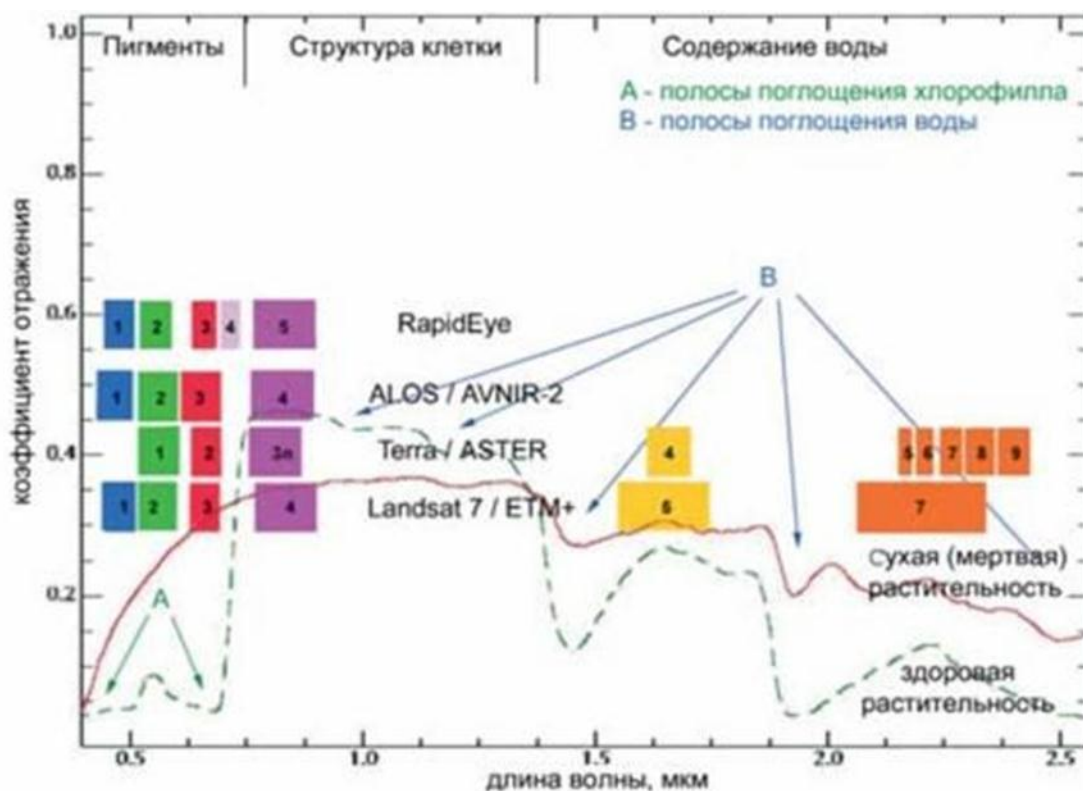


Figure 1.12 - Indices are grouped into categories according to the vegetation property that they characterize [44].

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - normalized difference vegetation index, was first described by Rouse B.J. In 1973. - a simple quantitative indicator of the amount of photosynthetically active biomass (commonly referred to as the vegetative index). One of the most common and used indices for solving problems,

Using quantitative estimates of vegetation cover.

The NDVI index is calculated using the following formula:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1.7)$$

NIR - reflectance in the near infrared spectrum;

RED is the reflection coefficient in the red region of the spectrum [44].

The calculation of NDVI is based on the two most stable (independent of other factors) sections of the spectral curve of the reflection of vascular plants. In the

red region of the spectrum (0.6-0.7 μm) is the maximum absorption of solar radiation by chlorophyll of higher vascular plants, and in the infrared region (0.7-1.0 μm) is the region of maximum reflection of the cellular structures of the leaf. That is, high photosynthetic activity (associated, as a rule, with dense vegetation) leads to less reflection in the red region of the spectrum and greater in the infrared (Fig.1.13).

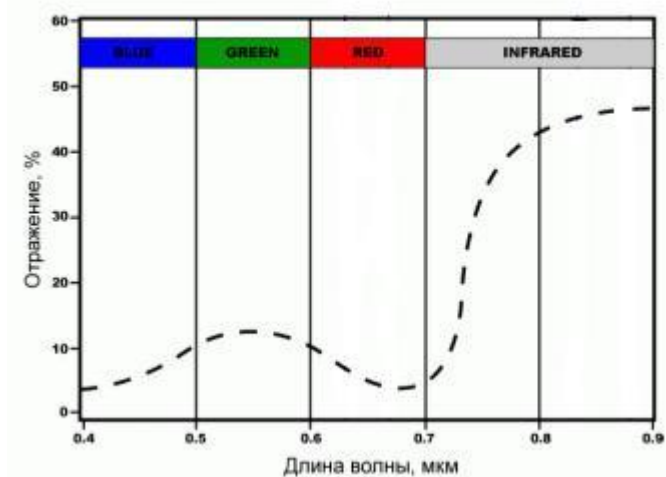


Figure 1.13 - Areas of the characteristic curve of vegetation reflection (averaged) used to calculate NDVI using MODIS data [45].